

سلسلة

"العلوم للناشئين"

# علم الضوء

(مبادئ وتجارب مبسطة)



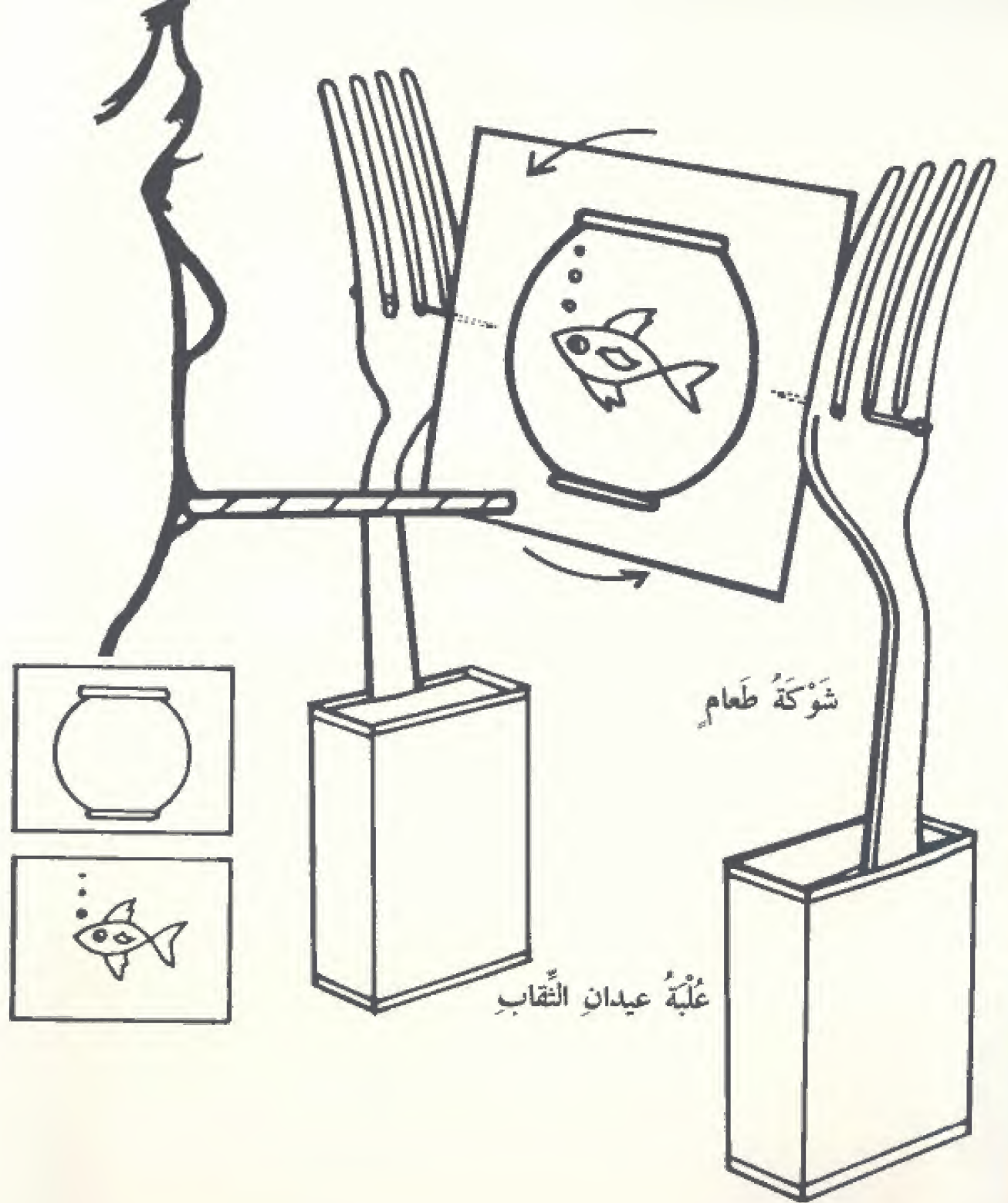
Ch

500

21B

C2





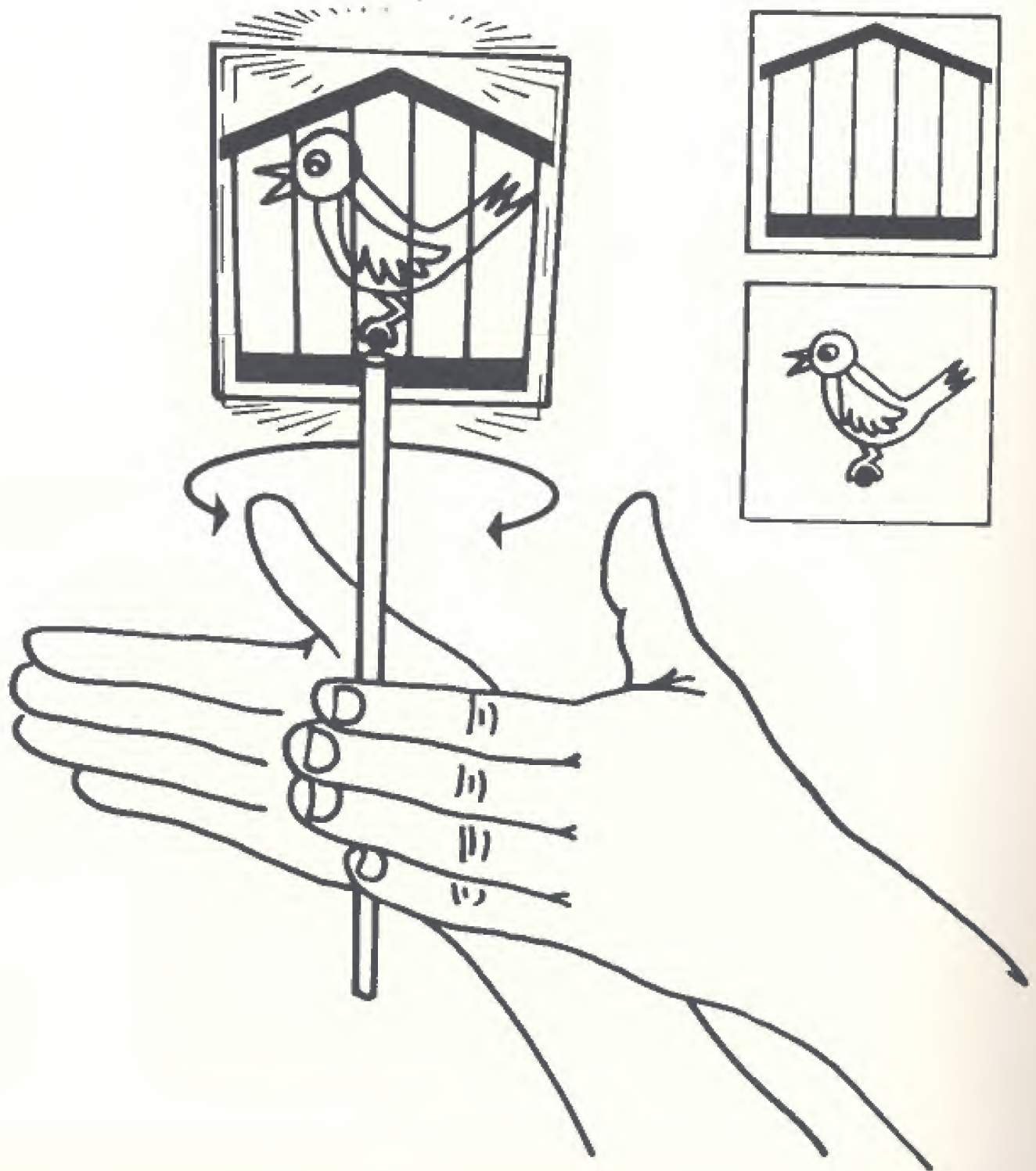
### السَّمَكَةُ فِي الطَّاسِ

لَقَدْ عَرَفَ النَّاسُ الصُّورَ الْمُتَحَرِّكَ قَبْلَ اخْتِرَاعِ السِّينِمَا بِوَقْتٍ طَوِيلٍ ، وَيُمْكِنُكَ أَنْتَ أَيْضًا صُنْعُ شَيْءٍ مِنْ هَذَا الْقَبِيلِ عَلَى الْوَجْهِ التَّالِي : - خُذْ بِلِطَاقَةً مِنَ الْوَرَقِ الْمُقَوَّى ( ٦ سَم × ٩ سَم ) وَارْسُمْ عَلَى أَحَدِ وَجْهَيْهَا سَمَكَةً وَعَلَى الْوَجْهِ الْآخَرِ طَاسًا . ثَبِّتْ فِي مُتَّصِفِ جَانِبِي الْبِلِطَاقَةِ دَبُوسَيْنِ كَمِخْوَرِي ارْتِكَازٍ لِيَدُورَا بَيْنَ أَصَابِعِ شَوْكَتَيْنِ كَمَا فِي الرَّسْمِ . اسْتَخْدِمْ قَشَّةَ شُرْبٍ لِنَدْوِيرِ الْبِلِطَاقَةِ سَرِيعًا بِالنَّفْخِ وَلاَحِظْ كَيْفَ تَبْدُو السَّمَكَةُ دَاخِلَ الطَّاسِ !

## الكناري في القفص

الصُّورُ الْمُتَحَرِّكَةُ هِيَ فِي الْوَاقِعِ نَوْعٌ مِنْ خِدَاعِ الْبَصَرِ ، وَفِي مَا يَلِي مِثَالٌ آخَرٌ مِنْ هَذِهِ الْخِدَاعِ الْبَصَرِيَّةِ :

خُذْ قِطْعَةً مُرَبَّعَةً مِنَ الْوَرَقِ الْمُقَوَّى الْأَبْيَضِ طَوْلُ ضِلْعَيْهَا ٦ سَمَ وَارْسُمْ عَلَى أَحَدِ وَجْهَيْهَا قَفْصًا وَعَلَى الْآخَرِ كَنَارِيًّا . ادْخُلِ الْبِطَاقَةَ فِي شَقْبِ عَوْدٍ مُسْتَدِيرٍ وَابْرُمِ الْعَوْدَ جَيِّثَةً وَذَهَابًا بَيْنَ زَاخَتَيْكَ بِالسَّرْعَةِ الْقُضْوَى فَيُظْهِرَ الْكَنَارِيَّ دَاخِلَ الْقَفْصِ !





إِنَّ الْمُعَدَّاتِ الَّتِي سَتَحْتَاجُهَا لِلْقِيَامِ بِالتَّجَارِبِ وَالِاخْتِيارَاتِ الْوَارِدَةِ فِي هَذَا  
الْكِتَابِ هِيَ مِنَ النَّوعِ الْمَأْمُونِ الْإِسْتِعْمَالِ وَالسَّهْلِ الْمَتَّوِلِّهِ. احْتَفِظْ دَوِّماً بِدَقِّقَةٍ تُسَجِّلُ  
فِيهِ مُمْلَحَظَاتِكَ - فَمِنْ الْأُمُورِ الْمُهِمَّةِ فِي مَجَالِ الْإِخْتِيارِ وَالتَّجَارِبِ مُلَاحَظَةُ مَا  
يَحْدُثُ فِي تَجْرِبَةٍ مَا لِمُقَارَنَتِهِ بِمَا يَحْدُثُ فِي تَجْرِبَةٍ تَالِيَةٍ. وَلِهَذَا السَّبَبُ يَحْتَفِظُ الْعُلَمَاءُ  
بِسَجَلٍ يُدَوِّنُونَ فِيهِ نَتَائِجَ أُبْحَاثِهِمْ.

وَحَرِيٌّ بِكَ أَيُّهَا النَّاشِئُ الْعَزِيزُ الشَّبِيُّ بِالْعُلَمَاءِ !





سلسلة "العلوم للناشئين"

# علم الضوء

(مبادئ وتجارب ميسرة)



تأليف : جوت و دوروثي پول  
رسوم : داود پالمير  
وضعه بالعربية : أحمد شفيق الخطيب

مكتبة لبنان



## الضوء

إِنَّا نَنَعَمُ بِالْعَيْشِ عَلَى كَوْكَبٍ جَمِيلٍ فَرِيدٍ ، تَحْبُوهُ الشَّمْسُ بِالنُّورِ  
وَالْبَهْجَةِ وَتُدْفِئُهُ بِالْحَرَارَةِ يَابِسَةً وَبَحْرًا فَتَزُوْدُهُ بِمُقَوِّمَاتِ الْحَيَاةِ . وَفِي كَثِيرٍ  
مِنَ الْأَحْيَانِ عِنْدَ شُرُوقِهَا وَمَغْيِبِهَا تَمَلَأُ الشَّمْسُ سَمَاءَنَا بِاللَّوَانِ الشَّفَقِ الرَّائِعَةِ  
الْمُشِيرَةِ .

وَتَقَعُ أحيانًا أَحْدَاثٌ اسْتِثْنَائِيَّةٌ تُؤَثِّرُ فِي اللَّوَانِ السَّمَاءِ كَمَا حَدَثَ عَامَ  
١٨٨٣ ، حِينَ تَارَبُرُ كَانَ فِي جَزِيرَةِ كِرَاكاتو الأندونيسية فَسَفَ جُزْءًا مِنْهَا ،  
قَازِفًا الْأَنْقَاصَ عَمُودِيًّا إِلَى ارْتِفَاعِ ٤٥ كيلومترًا وَأَفْقِيًّا حَتَّى مَدَغَشْقَرِ ،  
وظَلَّتْ بَقَايَا غُبَارِهِ تُطَوِّفُ فِي جَوِّ الْأَرْضِ عِدَّةَ سَنَوَاتٍ مُلَوْنَةً الشَّفَقَ



بِحُمْرَةٍ غَيْرِ طَبِيعِيَّةٍ لِفَتْرَةٍ طَوِيلَةٍ . وَيُلاحِظُ احْمِرَارُ الشَّفَقِ فِي الصَّحَارَى  
بِتَأْثِيرِ الغُبَارِ الَّذِي تَحْمِلُهُ أَنْسَامُ الْمَسَاءِ غَالِبًا .

وَلَطَالَمَا فُتِنَ الْإِنْسَانُ بِسِحْرِ الشَّمْسِ وَرَوْعَتِهَا حَتَّى إِنَّ الْإِنْسَانَ الْبَدَائِيَّ  
بَنَى لَهَا الْأَنْصَابَ وَعَبَدَهَا . وَلَا تَرَالُ الشَّمْسُ مَثَارَ اهْتِمَامِ الْإِنْسَانِ فِي  
عَصْرِنَا الْحَاضِرِ تَفْهَمًا وَدِرَاسَةً وَاخْتِبَارَاتٍ لِكَشْفِ خَفَايَاهَا وَتَسْخِيرِ طَاقَتِهَا .

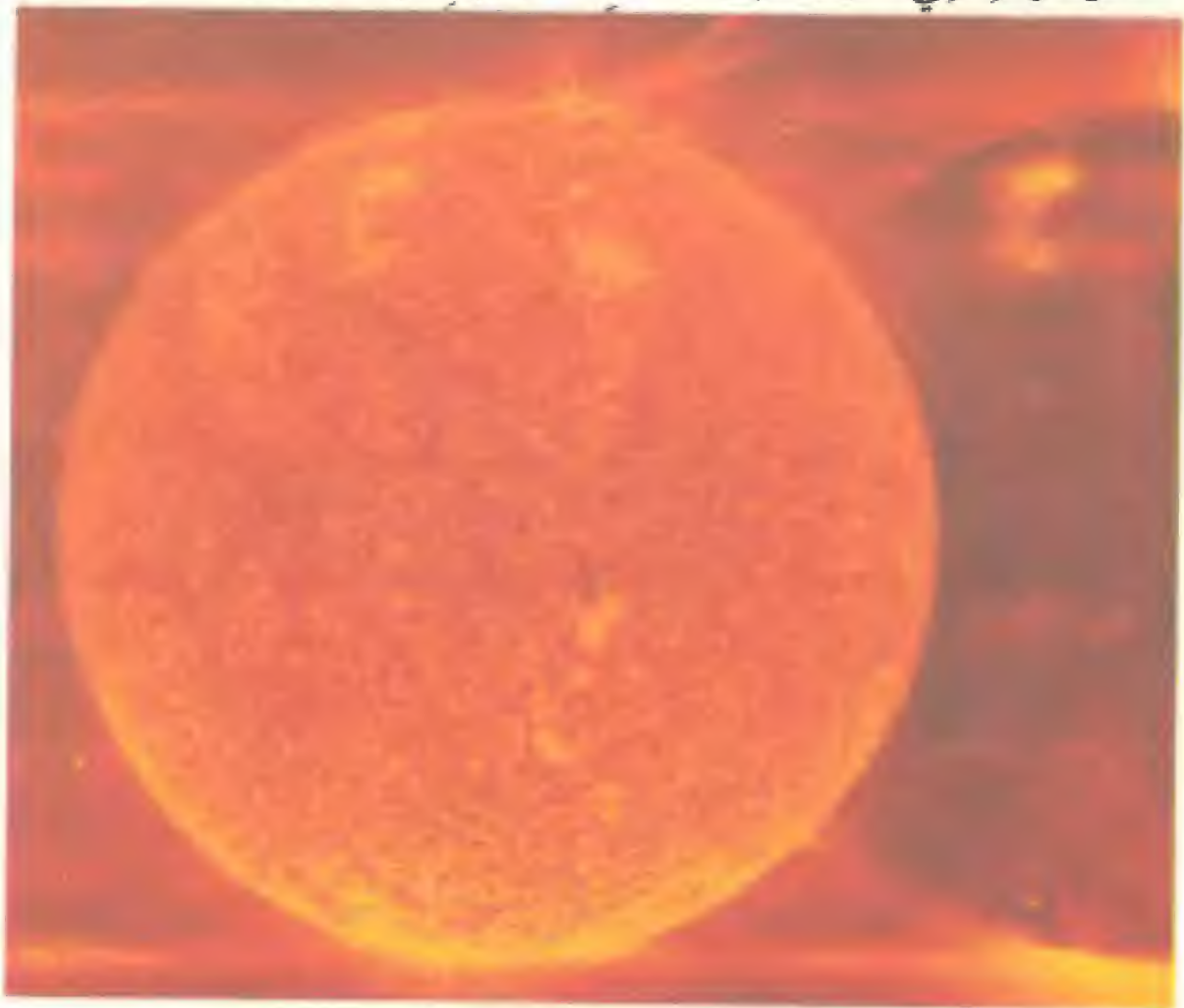
شُرُوقُ الشَّمْسِ (عَبْرَ مِخْرَابِ سِتُونَهِنَجِ الْحَجَرِيِّ بِإِنْكِلَتْرَا)






مِنْ أَيْنَ يَأْتِينَا الضَّوُّ؟

يَأْتِينَا الضَّوُّ مِنَ الشَّمْسِ وَهِيَ كُتْلَةٌ مِنَ الْغَازَاتِ الْمُتَّهَبَةِ فِي مَرَكَزِ  
الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ ، وَتُعْتَبَرُ نَجْمًا مُتَوَسِّطَ الْحَجْمِ لَكِنَّ قُرْصَهَا يَبْدُو كَبِيرًا  
لِقُرْبِهَا نِسْبِيًّا مِنَ الْأَرْضِ . وَضَوْءُ الشَّمْسِ مَصْدَرُ الْحَيَاةِ وَالطَّاقَةِ الْمُخْتَرَنَةِ  
فِي الْأَطْعِمَةِ وَالْوُقْدِ مِنْ فَحْمٍ وَغَازٍ طَبِيعِيٍّ وَنَفْطٍ . تَبْعُدُ الشَّمْسُ عَنْ  
الْأَرْضِ حَوَالَى ١٥٠ مَلْيُونِ كِيلُومِترٍ وَيَسْتَعْرِقُ نُورُهَا ثَانِي دَقَائِقَ فِي قَطْعِ  
تِلْكَ الْمَسَافَةِ . وَقَدْ ظَلَّتْ سُرْعَةُ الضَّوِّ تُحِيرُ الْعُلَمَاءَ حَتَّى أَوَائِلِ الْقَرْنِ التَّاسِعِ  
عَشَرَ . وَتُقَدَّرُ سُرْعَةُ الضَّوِّ فِي الْهَوَاءِ بِ ٣٠٠ أَلْفِ كِيلُومِترٍ فِي الثَّانِيَةِ أَيْ مَا  
يُعَادِلُ الدَّوْرَانَ حَوْلَ الْأَرْضِ سَبْعَ مَرَّاتٍ وَنِصْفَ مَرَّةٍ - وَهِيَ سُرْعَةُ لَا  
يُمْكِنُ تَوْقِيتُهَا بِالسَّاعَةِ الْمُوقَّتَةِ . (لِلْمُقَارَنَةِ نَذْكُرُ أَنَّ سُرْعَةَ طَائِرَةِ  
الْكُونْكَورْدِ هِيَ حَوَالَى سِتَّةِ أَعْشَارِ الْكِيلُومِترِ فِي الثَّانِيَةِ) .



الشَّمْسُ وَخَيَالُهَا ( كَمَا يَبْدُوَانِ مِنَ الْفَضَاءِ الْخَارِجِيِّ )





مِنَ النُّجُومِ مَا هُوَ أَشْطَعُ مِنَ الشَّمْسِ ، والكثيرُ مِنْهَا يُؤَلَّفُ صُورًا  
نَجْمِيَّةً رَائِعَةً نَرَاهَا فِي السَّمَاءِ لَيْلًا . وَقَدْ اكْتَشَفَ الْفَلَائِكِيُّونَ بِاسْتِخْدَامِهِمُ  
الْمَرَاقِبَ (التَّلِسْكُوبَاتِ) الْقَوِيَّةَ أَنَّ أَقْرَبَ النُّجُومِ السَّاطِعَةِ إِلَيْنَا بَعْدَ  
الشَّمْسِ هُوَ حَضَارِ (أَلْفَا قِنْطُورِس) ؛ وَيَسْتَعْرِقُ الضَّوُّ الْمُنْطَلِقُ مِنْهُ أَرْبَعَ  
سَنَوَاتٍ لِيَصِلَنَا (قَاطِعًا ٣٠٠ أَلْفِ كِيلُومِترٍ كُلَّ ثَانِيَةٍ) - وَهَذَا يَعْنِي أَنَّ  
الْفَلَائِكِيَّ يَرَى حَضَارِ بِالضَّوِّ الَّذِي انْطَلَقَ مِنْهُ قَبْلَ أَرْبَعِ سَنَوَاتٍ ! وَمِنْ  
النُّجُومِ مَا هِيَ مِنَ الْبُعْدِ بِحَيْثُ إِنَّا حِينَ نَرَاهَا تَتَلَأَّلُ فِي السَّمَاءِ لَيْلًا لَا  
نَسْتَطِيعُ الْجَزْمَ مَا إِذَا كَانَتْ مَائِلَةً بَعْدُ أَمْ تَلَاشَتْ !



## فاعِلِيَّةُ الضَّوِّ

تُشْرِقُ الشَّمْسُ صَبَاحًا وَتَغِيبُ مَسَاءً - وَلَوْ أَنَّ الشَّمْسَ تَتَفَجَّرُ فَجَاءَةً  
لَكَانَتْ الْأَرْضُ تَغْرَقُ فِي ظَلَامٍ دَامِسٍ بَعْدَ ثِنَائِي دَقَائِقَ ، وَسُرْعَانَ مَا يَبْرُدُ  
الْبَحْرُ وَالْيَابَسَةُ وَيَهْلِكُ كُلُّ شَيْءٍ .

وَضَوْءُ الشَّمْسِ بِالإِضَافَةِ إِلَى كَوْنِهِ يُتِيحُ لَنَا الرُّؤْيَةَ وَالذَّفْعَ فَهُوَ  
ضَرُورِيٌّ لِلنَّبَاتَاتِ الْخَضِرَاءِ الَّتِي هِيَ مَصْنَعُ الْغِذَاءِ الرَّئِيسِيِّ لِلْإِنْسَانِ  
وَالْحَيَوَانَ . وَتُجَهِّزُ النَّبَاتَاتُ غِذَاءَهَا عَنْ طَرِيقِ التَّرَكِيبِ الضَّوِّيِّ ، وَهِيَ  
تَتِمُّ دَائِمًا فِي الْإِتِّجَاهِ الَّذِي يَسْمَحُ لَهَا بِالْحُصُولِ عَلَى الْقَدْرِ الْأَوْفَرِ مِنْهُ .  
وَهَذَا يُقَسِّرُ انْتِحَاءَ سَوَاقِ النَّبَاتَاتِ الْمَنْزِلِيَّةِ نَحْوَ مَصْدَرِ الضَّوِّ . فَإِذَا





لَا حِظَّ هَذَا الْإِنْتِخَاءِ فِي نَبْتَةٍ بِمَنْزِلِكُمْ فَأَدْرِهَا إِلَى الْإِتِّجَاهِ الْمُعَاكِسِ  
وَرَاقِبْهَا لِبِضْعَةِ أَيَّامٍ . لَا حِظَّ كَيْفَ يَعْتَدِلُ سَاقُ النَّبْتَةِ ثُمَّ يُعَاوِدُ الْإِنْتِخَاءَ  
بِاتِّجَاهِ ضَوْءِ الشَّمْسِ .

ضَعْ نَبْتَةً مَنَزَلِيَّةً فِي الظُّلْمَةِ لِمُدَّةِ أُسْبُوعَيْنِ (مُدَاوِمًا رِيَّهَا كَيْلَا  
تَمُوتَ) . مَاذَا يَحْدُثُ لِأَوْرَاقِهَا الْخَضِرَاءِ ؟ غَطَّ عُشْبَ مَرَجَةٍ بِقِطْعَةٍ مِنَ  
الْخَشَبِ الرَّقَائِقِيِّ لِبِضْعَةِ أَيَّامٍ وَلا حِظَّ تَغْيِيرَ لَوْنِ الْعُشْبِ .

أَنْبَتَ بَعْضُ بُزُورِ الْخَرْدَلِ وَالرَّشَادِ فَوْقَ إِسْفِنْجَةٍ رَطْبَةٍ فِي طَبَقٍ صَغِيرٍ .  
ضَعِ الطَّبَقَ فِي صُنْدُوقٍ مِنَ الْوَرَقِ الْمُقَوَّى وَغَطَّهُ . اقْطَعْ ثَقْبًا فِي جَانِبِ  
الصُّنْدُوقِ وَضَعُهُ عَلَى عَتَبَةِ الشُّبَّاكِ وَالثَّقْبُ بِاتِّجَاهِ الضَّوْءِ . دَاوِمَ إِزْوَاءَ الْبُزُورِ  
وَرَاقِبْهَا بِإِنْتِظَامٍ . لَا حِظَّ إِنْتِخَاءِ الْبَادِرَاتِ وَانْحِنَاءِ سَوْقِهَا نَحْوَ الضَّوْءِ عَبْرَ  
الثَّقْبِ .





عَظْمُ الْحَاجِبِ

الْحَاجِبُ

وَقَبٌ أَوْ  
مَخَجَرُ الْعَيْنِ

الْبَصَرُ

يَتَمَتَّعُ الْإِنْسَانُ بِخَوَاسٍ خَمْسٍ يُدْرِكُ بِهَا الْعَالَمَ مِنْ حَوْلِهِ . فَتَحْنُ نَشْمُ  
وَنَسْمَعُ وَنَلْمَسُ وَنَتَذَوِّقُ وَنُبْصِرُ - وَنِعْمَةُ الْبَصَرِ هِيَ الْأَهَمُّ ، فَهِيَ تُعِينُنَا  
فِي إِيجَادِ الْغِذَاءِ وَالْمَاءِ وَالْمَأْوَى وَتَجَنُّبِ الْمَخَاطِرِ .  
وَتَعْتَمِدُ الرُّؤْيَا عَلَى حَسَاسِيَّةِ شَبَكِيَّةِ الْعَيْنِ لِلضَّوِّ الَّذِي يَصْدُرُ مِنَ  
الْجِسْمِ أَوْ يَنْعَكِسُ عَنْهُ

رُمُوشُ الْعَيْنِ  
تَصُدُّ الْغُبَارَ

الْقُرْحِيَّةُ

البُؤْبُؤُ

الْقُرْحِيَّةُ

الْعَدَسَةُ

الشَّبَكِيَّةُ

العَصَبُ  
البَصَرِيُّ

حَدِّقْ فِي مِرَاةٍ فِي غُرْفَةٍ مُعْتَمَةٍ وَلاَحِظْ تَرْكِيبَ الْعَيْنِ الظَّاهِرَ . إِنَّ  
البُؤْبُؤَ هُوَ الْفُتْحَةُ الْمُسْتَدِيرَةُ فِي الْقُرْحِيَّةِ وَيَبْدُو أَسْوَدَ لِأَنَّ بَاطِنَ الْعَيْنِ أَسْوَدُ  
(تَمَامًا كَدَاخِلِ آلَةِ التَّصْوِيرِ) . وَيَتَّسِعُ البُؤْبُؤُ تَلْقَائِيًّا فِي الْعَتَمَةِ لِكِنَّهُ يَضِيقُ

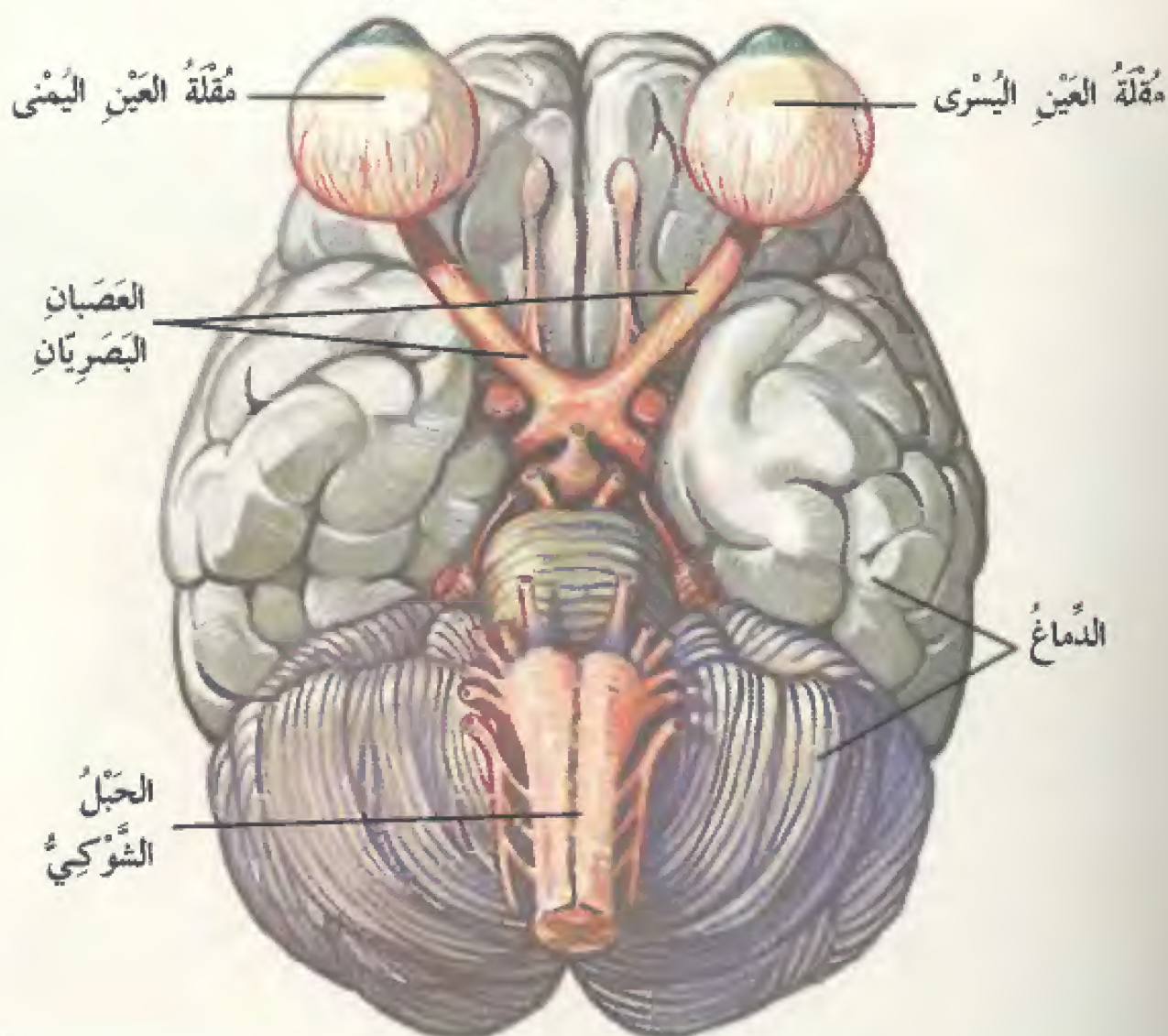


إذا اشتدَّ النُّورُ - وهذا ما تَلَحَّظُهُ حينَ تَفْتَحُ السَّائِرَ أَوْ تُنِيرُ الغُرْفَةَ - هَلْ  
يُمْكِنُكَ رُؤْيَا تَقْلُصُ البُؤْبُؤَ؟

وَتَبْطُنُ الشَّبَكِيَّةُ خَلْفِيَّةَ (أَوْ قَعَرَ) العَيْنِ ، وَعَلَيْهَا تَتَكَوَّنُ صُورُ المَرْتَبَاتِ  
(وَكأنَّهَا الفِيلْمُ فِي آلَةِ التَّصْوِيرِ) . وَتَتَّصِلُ الشَّبَكِيَّةُ بِالعَصَبِ البَصَرِيِّ الَّذِي  
يَحْمِلُ الإحْساسَاتِ إِلَى الدِّمَاغِ وَهُوَ يُترَجِّمُ لَنَا مَا نُبْصِرُهُ .

وَالعِنَايَةُ بِالْعَيْنَيْنِ هِيَ أَمْرٌ بِالْغُ الأَهْمِيَّةِ - بِالرُّغْمِ مِنْ أَنَّهَا مُجَهَّزَتَانِ  
بِحِمَايَةٍ طَبِيعِيَّةٍ مِنَ الرُّمُوشِ والأَجْفَانِ والوَقَبَيْنِ العَظْمِيَّيْنِ فِي الجُمُجُمَةِ .  
رَاعِ عَيْنَيْكَ دَائِمًا وَتَحَاشِ التَّحْدِيقَ فِي نَوْرٍ ساطِعٍ وَبِخَاصَّةِ التَّحْدِيقِ فِي  
قُرْصِ الشَّمْسِ مُبَاشَرَةً ، فَإِنَّهُ مُتَلِفٌ لِلشَّبَكِيَّةِ الحَسَّاسَةِ .

مَنْظَرٌ سَفْلِيٌّ لِلْعَيْنَيْنِ وَالدِّمَاغِ





## نَمُودَجٌ يُبَيِّنُ عَمَلَ الْعَيْنِ

إِمْلَأْ طَاسًا زُجَاجِيًّا شَفَافًا بِالماءِ النَّقِيِّ . انْقُبْ ثَقْبًا صَغِيرًا فِي لَوْحٍ أَسْوَدَ  
مُرَبَّعٍ مِنْ الورَقِ الْمُقَوَّى (لِيُمَثِّلَ البُؤْبُؤَ فِي القُرْحِيَّةِ) وَثَبِّتِ اللُّوحَ  
(بِالْبِلَاسْتِيسِينَ) بِمُحَاذَةِ الطَّاسِ . ثُمَّ ثَبِّتْ شَمْعَةً قَصِيرَةً (بِالْبِلَاسْتِيسِينَ)  
عَلَى مَقْرَبَةٍ مِنَ اللُّوحِ وَأَشْعِلْ فَتِيلَتَهَا . عَتَمِ الغُرْقَةُ وَأَمْسِكْ بِلَوْحٍ أَبْيَضَ مِنْ  
الورَقِ الْمُقَوَّى خَلْفَ الطَّاسِ بِمُسَامَتَةِ الشَّمْعَةِ (لِيُمَثِّلَ الشَّبَكِيَّةَ) . حَرِّكْ  
اللُّوحَ جَيِّئَةً وَذَهَابًا لِتَتَكَوَّنَ عَلَيْهِ صُورَةٌ وَاضِحَةٌ لِلشَّمْعَةِ . لَقَدْ سَارَ نَوْرُ  
الشَّمْعَةِ عَبْرَ الثَّقْبِ (فِي اللُّوحِ الْأَسْوَدِ) وَعَبَرَ الطَّاسَ لِيَكُونَ هَذِهِ الصُّورَةُ  
مَقْلُوبَةً وَمُصْغَرَةً . إِنَّ الصُّورَ عَلَى شَبَكِيَّةِ الْعَيْنِ هِيَ أَيْضًا مُصْغَرَةٌ وَمَقْلُوبَةٌ  
وَلَكِنَّ الدِّمَاغَ يُتَرَجِّمُ لَنَا الْمُعْطَيَاتِ البَصَرِيَّةَ مِنْ حَيْثُ مَا هِيَ تَحْتَمِلُهَا  
وَيُعَدُّهَا عَلَى الْوَجْهِ الصَّحِيحِ .



فِي النَّمُودَجِ الْمِثَالِيِّ يَكُونُ

اللُّوحُ الْأَبْيَضُ مُلَاصِقًا

لِلطَّاسِ أَيْضًا فِي مُوَاجَهَةِ اللُّوحِ الْأَسْوَدِ

شَمْعَةٌ



يَظُنُّ الْبَعْضُ خَطَأً أَنَّ الْقِطْطَ قَادِرَةٌ عَلَى الرُّؤْيَةِ فِي الظَّلَامِ الدَّامِسِ . وَالْحَقِيقَةُ أَنَّ كَبِيرَ الْبُوبِ لَدَيْهَا يُمَكِّنُهَا مِنَ الرُّؤْيَةِ جَيِّدًا فِي نَوْرِ خَافِتٍ .



### الْعُيُونُ فِي الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ

يُبْصِرُ الْإِنْسَانُ بِنَظَرِيهِ مُصَوَّبِينَ فِي الْإِتِّجَاهِ الْوَاحِدِ ، وَيَلْتَقِطُ الدِّمَاغُ الصُّورَتَيْنِ فَيَتَرَجِّمُهُمَا صُورَةً مَدْمُوجَةً وَاحِدَةً ثَلَاثِيَّةَ الْأَبْعَادِ - وَهَذَا مَا نُسَمِّيهِ بِالرُّؤْيَةِ الْمُفْرَدَةِ . أَمَّا إِذَا كَانَتْ إِحْدَى الْعَيْنَيْنِ شَارِدَةً لِعِلَّةٍ فَيَظْهَرُ هَدْفُهَا فِي غَيْرِ مَكَانِهِ وَيَرَى الشَّخْصُ صُورَتَيْنِ ، وَهِيَ حَالَةُ الشَّفَعِ (أَوْ الرُّؤْيَةِ الْمَزْدُوجَةِ) . وَالرُّؤْيَةُ الْمَزْدُوجَةُ غَالِبَةٌ عِنْدَ بَعْضِ الطُّيُورِ كَالصَّقْرِ . أَمَّا الْحِرْبَاءُ فَعَيْنَاهَا دَوَّارَتَانِ وَتَعْمَلُ كُلُّ مَنِهَا مُسْتَقِلَّةً . وَتَتَّخِذُ عُيُونُ الْأَسْمَاكِ فِي أَعْمَاقِ الْبَحْرِ وَضْعًا فِي أَعْلَى الرَّأْسِ لِتَرَى مَا فَوْقَهَا .

وَلِلْجَمَلِ وَبَعْضِ الطَّيْرِ جَفَنٌ ثَالِثٌ شَفَافٌ يَبْقَى الْعَيْنَ مِنَ الْغُبَارِ . وَلِلنَّحْلِ وَالذَّبَابِ عُيُونٌ مُرَكَّبَةٌ تَتَأَلَّفُ وَاحِدَتُهَا مِنْ مِثَالِ الْعَدَسَاتِ الدَّقِيقَةِ .

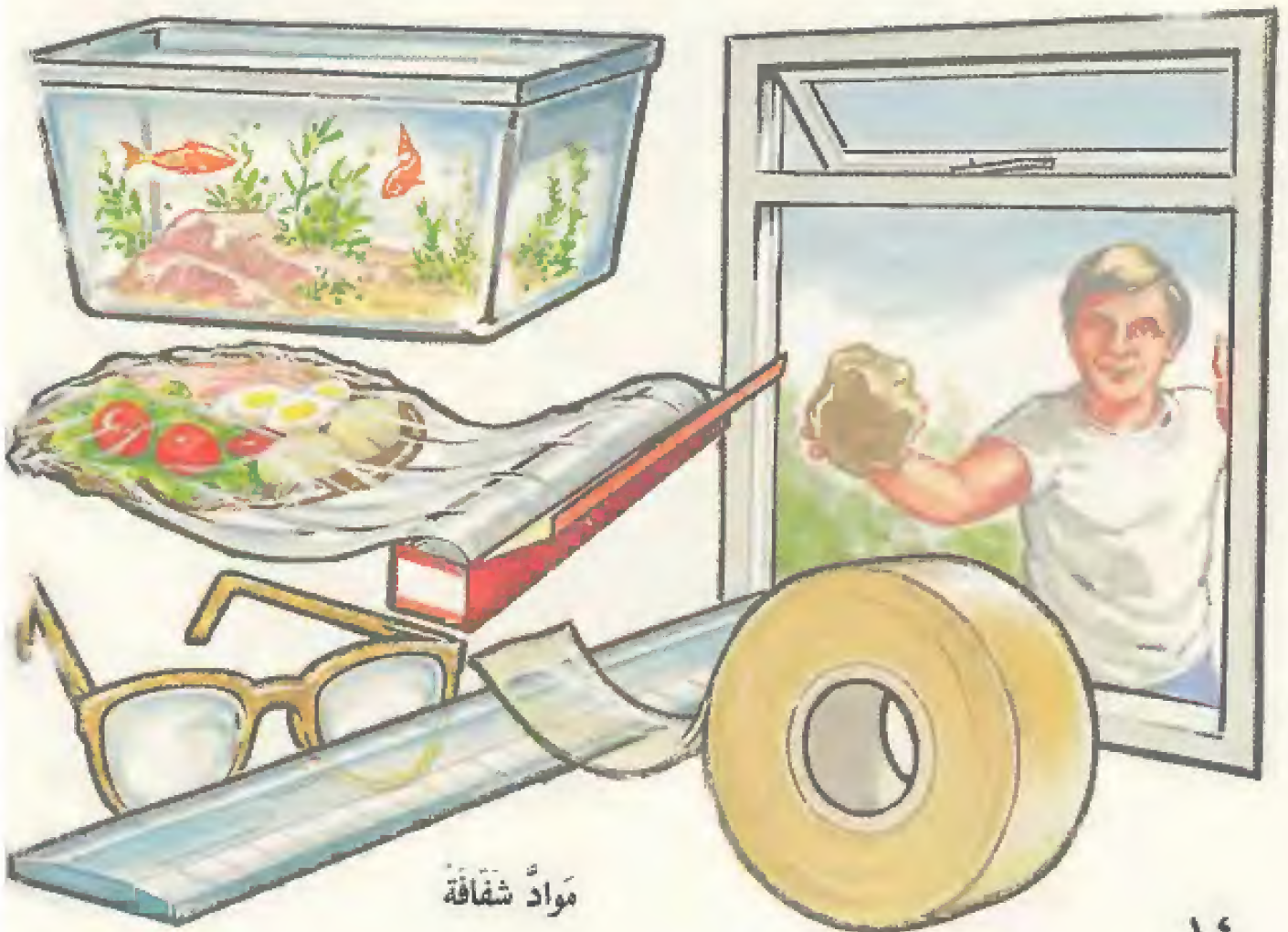


## الشَّفَافِيَّةُ لِلضَّوْءِ

مُعْظَمُ الْأَشْيَاءِ الَّتِي تَرَاهَا حَوْلَكَ لَا تُنْفِذُ الضَّوْءَ بَلْ تَعْكِسُهُ مِنَ الشَّمْسِ  
أَوْ مِنْ مَصْدَرِ ضَوْئِيٍّ وَتُصْبِحُ مَرْتَبَةً بِذَلِكَ. وَبَعْضُ الْأَجْسَامِ كَالْمَاءِ  
وَالزُّجَاجِ تُنْفِذُ الضَّوْءَ فَتَرَى عَبْرَهَا بَوُضُوحٍ وَنُسَمِّيَهَا شَفَافَةً. عَدَدُ بَعْضِ  
الْأَجْسَامِ الشَّفَافَةِ وَاللَّاشَفَافَةِ مِنْ حَوْلِكَ.

وَهُنَالِكَ أَجْسَامٌ تَسْمَحُ بِمُرُورِ الضَّوْءِ عَبْرَهَا وَلَكِنَّهَا تَنْشُرُهُ فِي أَرْجَاءٍ  
مُخْتَلِفَةٍ فَتَرَى الصُّورَةَ عَبْرَهَا مُشَوَّشَةً ضَبَائِيَّةً وَنُسَمِّيَهَا شَفَةً أَوْ نِصْفَ شَفَافَةٍ  
كَالزُّجَاجِ الْمُسْتَنْفَرِ وَالنَّايِلُونِ السَّمِيكِ وَالضَّبَابِ.

لِاخْتِبَارِ شَفَافِيَّةِ الْجِسْمِ أَمْرٌ عَبْرَهُ حُزْمَةٌ مِنَ الْأَشِعَّةِ فِي حُجْرَةٍ مُعْتَمَةٍ  
وَلَا حِظٌّ إِنْ كَانَتْ تُنْفِذُ كَحُزْمَةٍ أَوْ تُنْفِذُ مُسْتَطِيرَةً مُتَشَرَّةً أَوْ لَا تُنْفِذُ أَبَدًا.



مَوَادُّ شَفَافَةٌ





والأجسام التي لا تُنفذُ الضوءَ نُسَمِّيها كَمَداءَ أو غيرَ شَفَافَةٍ. وهي  
تَعكِسُ الضوءَ السَّاقِطَ عَلَيْها إلى الهَوَاءِ مِنْ حَوْلِها فَنَراها ، كما هِيَ الحالُ  
في هَذِهِ الصَّفْحَةِ الَّتِي تَقْرَأُها. إِلَّا أَنَّ بَعْضَ الضوءِ السَّاقِطِ يَمْتَصُّهُ الجِسْمُ  
الْأَكْمَدُ فَيَتَحَوَّلُ إلى طَاقَةٍ حَرَارِيَّةٍ. لَكِنَّ ارْتِفَاعَ دَرَجَةِ الحَرَارَةِ يَكَادُ لَا  
يَذْكَرُ (فَلا خَوْفَ أَنَّ تَسْخُنَ الورْقَةُ أَمَامَكَ بِالضَّوئِ إلى دَرَجَةِ الإِشْتِعَالِ).  
لَكِنَّ يُمَكِّنُ الكَشْفُ عَنْ ذَلِكَ الارتفاعِ بِتَرْمومترٍ حَسَّاسٍ.





الْعَابُ الظَّلَالِ فِي الْمَلْعَبِ

## الظَّلَالُ

قَبْلَ السَّيْنَا بِقُرُونٍ عَدِيدَةٍ كَانَتْ تُقَدَّمُ تَمَثُّلِيَّاتٌ بِإِقْلَاءِ ظِلَالِ  
الْأَشْخَاصِ أَوْ الدُّمَى عَلَى سِتَارٍ ، وَكَانُوا يُسَمِّنُونَهَا خَيَالِ الظِّلِّ .

وَيُمْكِنُ لِلْأَعْزَاءِ الصُّغَارِ أَيْضًا الْإِسْتِمْتَاعُ بِالْعَابِ الظَّلَالِ فِي يَوْمِ  
مُشْمِسٍ مُعْتَدِلٍ . حَاولْ مَثَلًا تَشْكِيلَ تَمَاتِيلَ مُتَبَايِنَةٍ بِاتِّخَاذِ أَوْضَاعٍ جُسَامِيَّةٍ  
مُخْتَلِفَةٍ وَاطْلُبْ مِنْ زَمِيلٍ لَكَ تَحْدِيدَهَا عَلَى أَرْضِ الْمَلْعَبِ بِالطَّبَشُورِ . كَمَا  
يُمْكِنُ الْمُنَافَسَةُ فِي مَجَالِ الظَّلَالِ - وَالرَّابِحُ هُوَ مَنْ يَجْعَلُ خَيَالَهُ الْأَطْوَلَ أَوْ  
الْأَضْحَمَ أَوْ الْأَصْغَرَ !



هَذِهِ الْأَلْعَابُ تَجْعَلُكَ تُدْرِكُ اتِّجَاهَ الظِّلِّ بِالنِّسْبَةِ إِلَى مَصْدَرِ الضَّوءِ .  
 رَاقِبْ ظِلَّ شَيْءٍ ثَابِتٍ قُرْبَ مَتَرَيْكُمْ - عَمُودِ التِّلْغَرافِ أَوْ عَمُودِ الْإِنَارَةِ  
 مَثَلًا . عَلِّمْ مَوْقِعَ الظِّلِّ فِي السَّاعَةِ التَّاسِعَةِ وَالْعَاشِرَةِ وَالثَّانِيَةِ عَشْرَةَ ظَهْرًا ، ثُمَّ  
 فِي الثَّانِيَةِ وَالرَّابِعَةِ بَعْدَ الظُّهْرِ . هَلْ بِإِمْكَانِكَ صُنْعُ مِزْوَلَةٍ (سَاعَةٍ ظِلِّيَّةٍ)  
 تُبَيِّنُ الْوَقْتَ مِنْ مُرَاقَبَةِ اتِّجَاهِ الظِّلِّ عَلَى سَطْحٍ مُدْرَجٍ ؟  
 إِنَّ أَكْبَرَ مِزْوَلَةٍ هِيَ الَّتِي صُنِعَتْ عَامَ ١٧٢٤ فِي الْهِنْدِ وَهِيَ تَغْطِي  
 مِسَاحَةً فَدَّانٍ ، وَيَبْلُغُ ارْتِفَاعُ عَمُودِهَا ثَلَاثِينَ مِتْرًا .

### الظِّلُّ وَشِبْهُ الظِّلِّ

عِنْدَمَا لَا يَكُونُ مَصْدَرُ الضَّوءِ نُقْطِيًّا يَبْدُو الظِّلُّ ظِلِّينِ مُتْرَاكِبَيْنِ  
 - أَحَدُهُمَا مَرْكَزِيٌّ أَسْوَدٌ لَا يَصِلُهُ نُورُ الْمَصْدَرِ لَا مِنْ وَسْطِهِ وَلَا مِنْ  
 أَطْرَافِهِ ، وَهُوَ الظِّلُّ ؛ وَالْآخَرُ حَافِيٌّ أَقْلُ سَوَادًا يَصِلُهُ نُورٌ مِنْ أَحَدِ جَوَانِبِ  
 الْمَصْدَرِ فَقَطْ ، وَهُوَ شِبْهُ الظِّلِّ . عَنَّمِ الْغُرْفَةُ وَوَجْهُ نُورِ مِصْبَاحٍ يَدَوِيٍّ  
 نَحْوَ عُلْبَةٍ أَوْ قِطْعَةٍ شِطْرَنْجٍ ، وَعَلِّمْ نِطَاقِي الظِّلِّ وَشِبْهُ الظِّلِّ لِلْمُقَارَنَةِ .

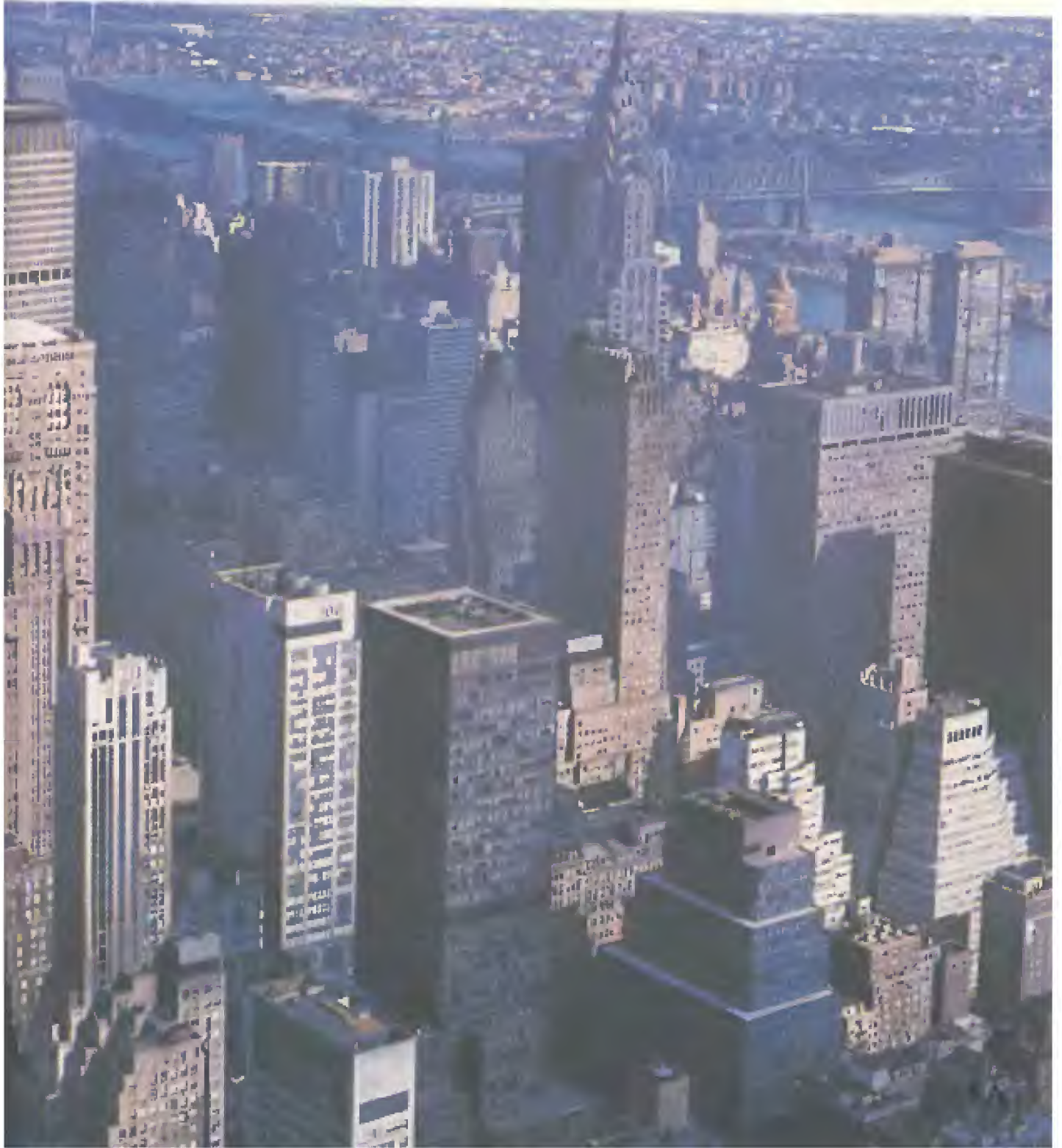




## الخُسُوفُ والكُسُوفُ

تُلْقِي الغُيُومُ أَحْيَانًا ظِلَالًا تُغَطِّي مِسَاحَاتٍ كَبِيرَةً حَاجِبَةً عَنْهَا نُورَ  
الشَّمْسِ أَوْ بَعْضَهُ. وَتُلْقِي بَعْضُ نَاطِحَاتِ السَّحَابِ ظِلَالًا تَمْتَدُّ بَعِيدًا أَوْ  
تَسْقُطُ عَلَى مَبَانٍ مُجَاوِرَةٍ. وَأَطُولُ الظَّلَالِ وَأَوْسَعُهَا هِيَ الْمُلقَاةُ فِي سَاعَاتِ  
الصَّبَاحِ الْبَاكِرِ أَوْ آخِرِ الْعَصْرِ. كَيْفَ تُعَلِّلُ ذَلِكَ؟ مَا هُوَ أَطُولُ الظَّلَالِ  
فِي جَبَرَتِكُمْ؟

ناطحاتُ سحابٍ في نيويورك



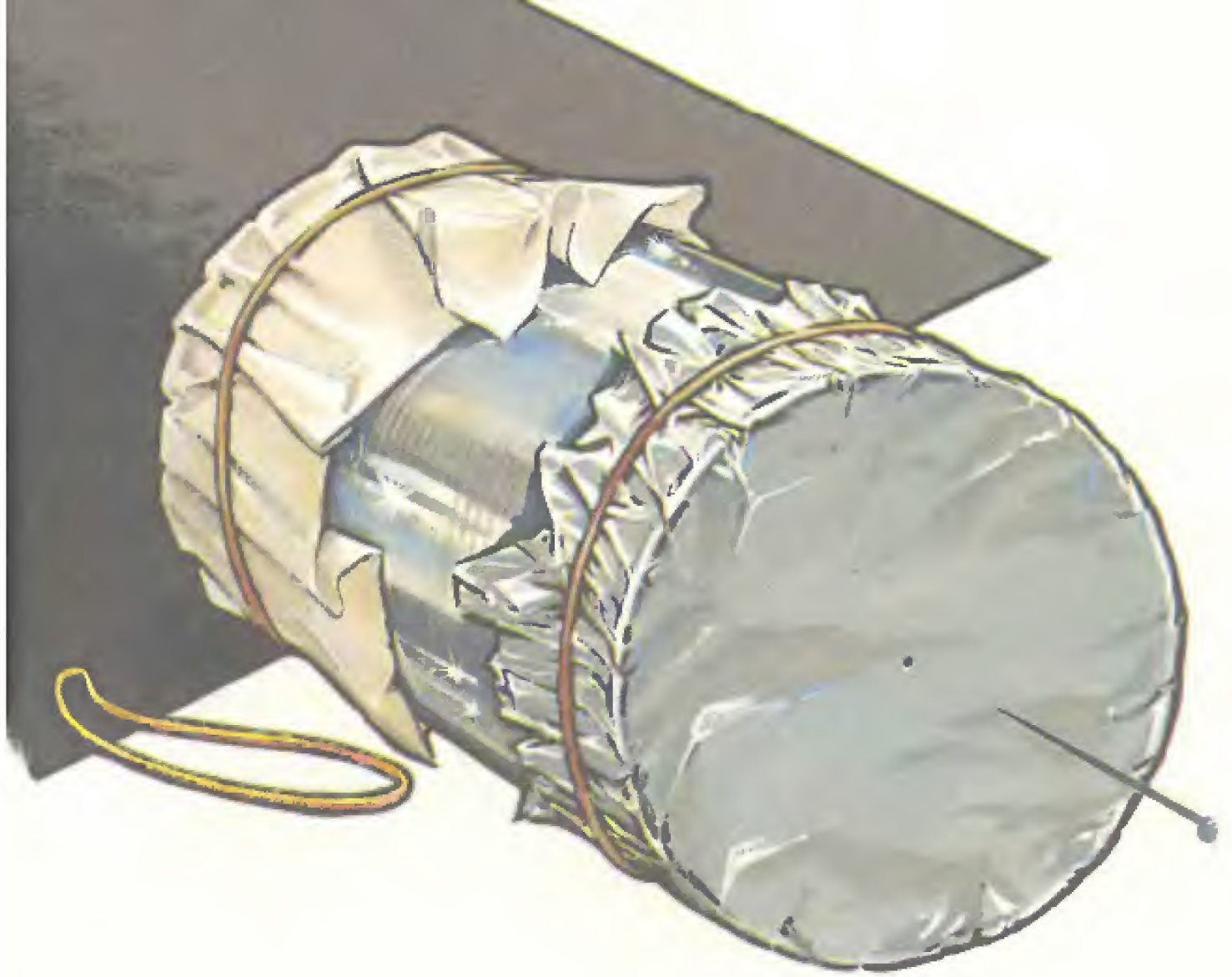




يَحْدُثُ الْخُسُوفُ حِينَ تَحُلُّ الْأَرْضُ بَيْنَ الشَّمْسِ وَالْقَمَرِ فَتَحْجُبُ عَنْهُ نَوْرَ الشَّمْسِ وَيَغْمُرُهُ ظِلُّهَا (عَلَى بُعْدِ ٥٠٠ أَلْفِ كِيلُومِترٍ). وَإِذَا مَرَّتِ الشَّمْسُ فِي ظِلِّ الْقَمَرِ احْتَجَبَتْ عَنِ الْأَرْضِ وَحَدَثَ كُسُوفٌ. وَيَحْدُثُ الْكُسُوفُ فِي بَدْءِ الشَّهْرِ الْقَمَرِيِّ بَيْنَمَا يَحْدُثُ الْخُسُوفُ فِي مُتَّصِفِهِ.

وَلَبَّانِ ظَاهِرَةَ الْكُسُوفِ خُذْ طَابَةَ كُرَّةِ الطَّاوَلَةِ (مُمَثِّلًا بِهَا الْقَمَرَ) وَضَعْهَا مُقَابِلَ مِصْبَاحِ كَهْرَبَائِيٍّ عَلَى بُعْدِ حَوَالِي نِصْفِ مِترٍ مِنْ إِحْدَى عَيْنَيْكَ. أَغْمِضِ الْعَيْنَ الْأُخْرَى وَأَبْعِدْ عَنِ الْمِصْبَاحِ تَدْرِيجِيًّا حَتَّى تَبْدُو الْكُرَّةَ وَالْمِصْبَاحُ بِالْحَجْمِ نَفْسِهِ. حَرِّكِ الْكُرَّةَ فَتَرَى عَيْنَكَ النُّورَ، أَعِدْهَا بِمُسَامَتَةِ الْعَيْنِ وَالْمِصْبَاحِ فَيُنْكَسِفُ الضَّوُّ عَنْ عَيْنَيْكَ.



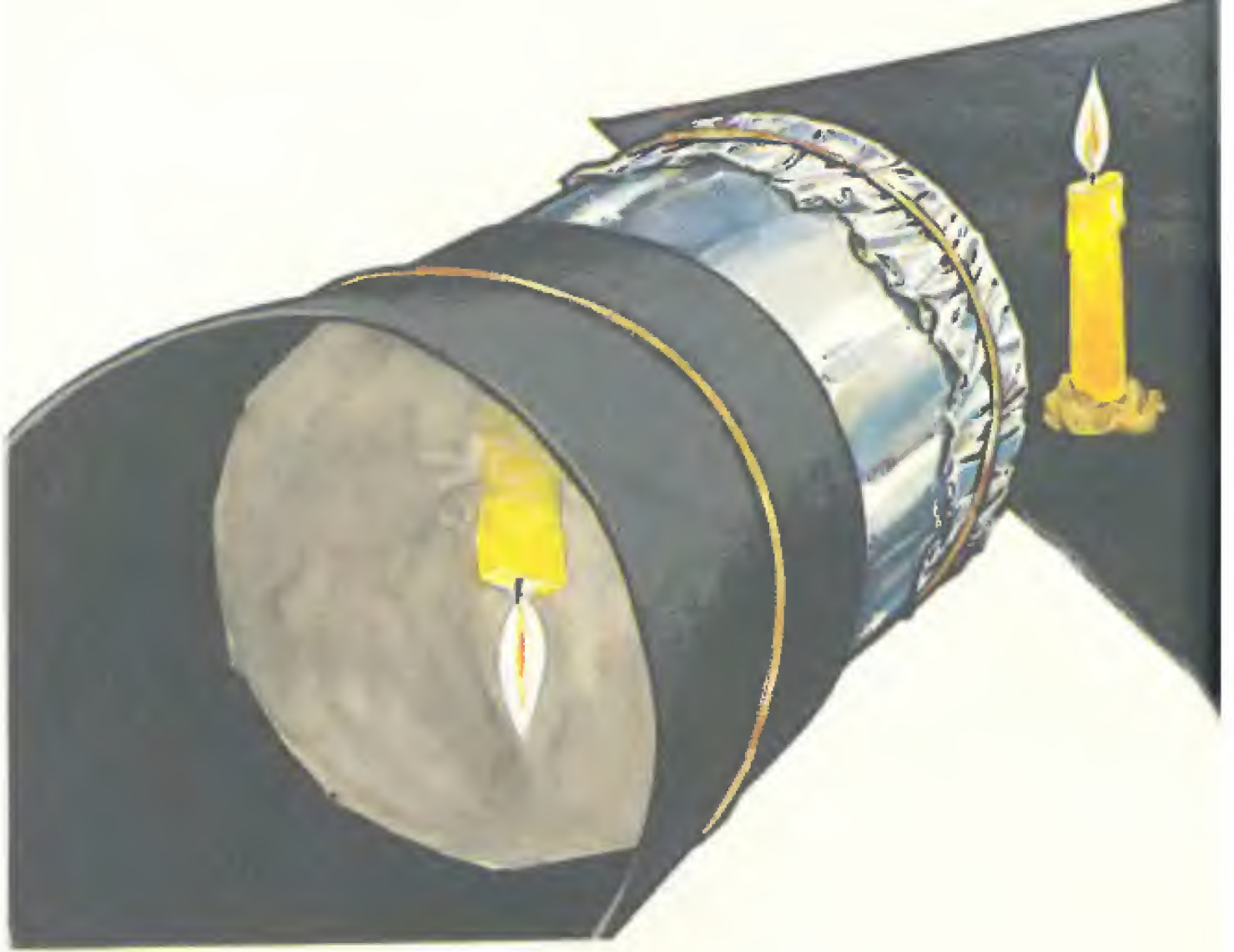


### الْمِنْظَارُ ذُو الثَّقْبِ

صَنَعَ الْعُلَمَاءُ مِثْلَ هَذَا الْمِنْظَارِ مِنْذُ مِائَةِ السِّنِّ لِیَسِينُوا أَنَّ الضَّوْءَ یَسِيرُ فِي خُطُوطٍ مُسْتَقِیْمَةٍ . وَبِمَكَانِكَ أَنَّ تَصْنَعَ مِثْلَ هَذَا الْمِنْظَارِ بِسُهُولَةٍ مِنْ مَوَادِّ مُتَوَافِرَةٍ فِي الْمَنْزِلِ عَادَةً .

خُذْ عُلْبَةً مَعْدِنِيَّةً صَغِيرَةً فَارِغَةً وَافْتَحْ طَرَفَهَا الْآخَرَ (بِفَتْحَةِ عُلْبٍ دُونَ تَرْكِ حَاقَةِ حَادَّةٍ) لِتُصْبِحَ كَالْأَنْبُوبِ . غَطِّ أَحَدَ طَرَفِي الْعُلْبَةِ بِوَرَقَةٍ مَعْدِنِيَّةٍ وَثَبِّتْهَا حَوْلَ الْعُلْبَةِ بِرِبَاطٍ مَطَّاطِيٍّ ثُمَّ انْقُبِ الْوَرَقَةَ الْمَعْدِنِيَّةَ بِدَبُّوسٍ فِي مَرَكِزِهَا . غَطِّ الطَّرْفَ الْآخَرَ لِلْعُلْبَةِ بِوَرَقَةٍ اسْتِشْفَافٍ وَثَبِّتْهَا بِرِبَاطٍ مَطَّاطِيٍّ





كَسْتَارَةِ الْمِنْظَارِ . وَلَا سِتِّخْدَامِ هَذَا الْمِنْظَارِ نَهَارًا ظَلَّلِ السَّتَارَةَ بِلَفٍّ وَرَقَةٍ  
سَوْدَاءَ حَوْلَ الْعُلْبَةِ تَكْسِبُهَا مَزِيدًا مِنَ الطَّوْلِ .

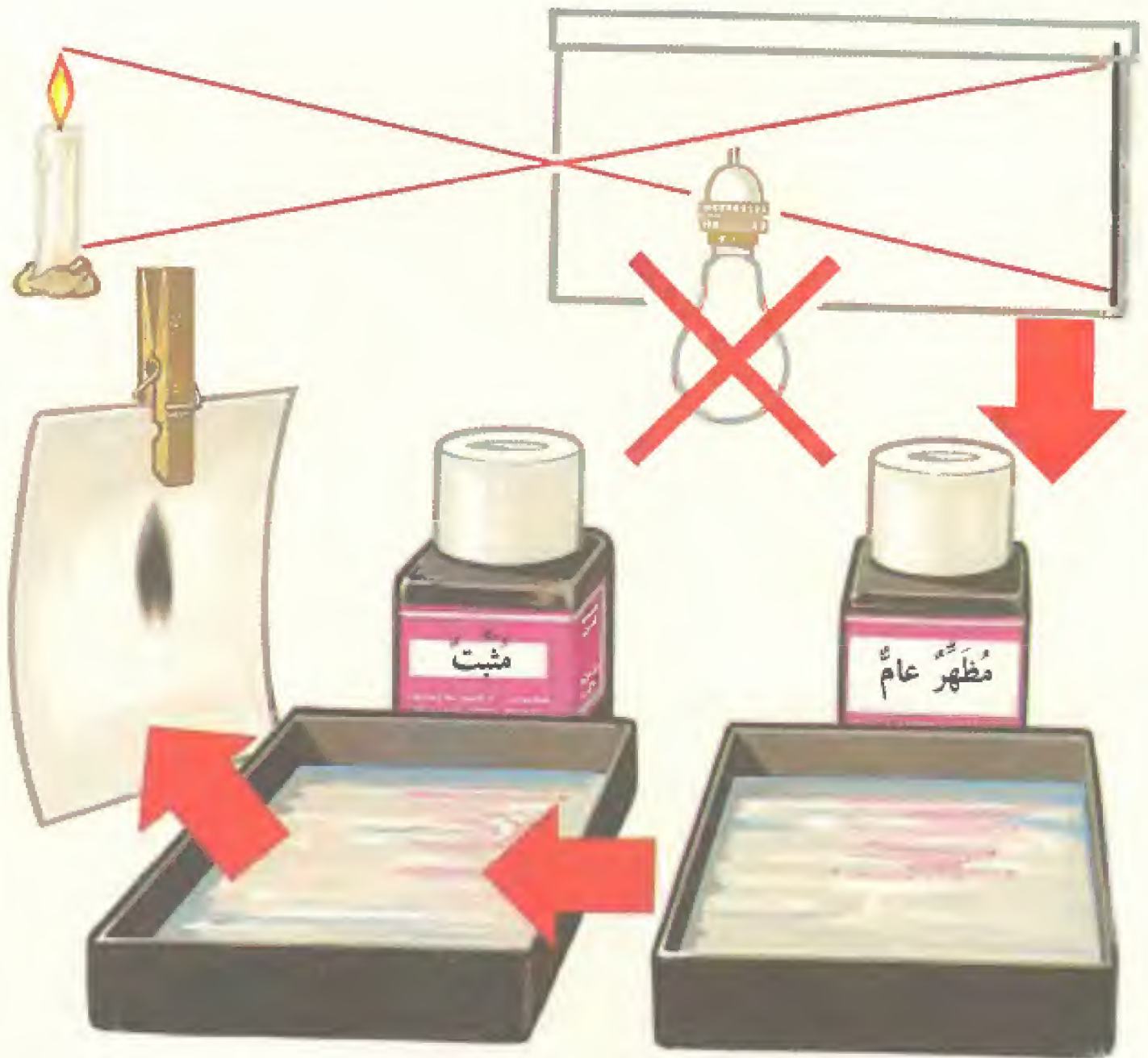
ثَبَّتْ شَمْعَةً عَلَى مِئْضَدَةٍ فِي غُرْفَةٍ مُعْتَمَةٍ (حَذَارٍ مِنْ انْقِلَابِ الشَّمْعَةِ  
وَالْتَسَبُّبِ فِي حَرِيقٍ) . وَجَهَ الْمِنْظَارَ نَحْوَ الشَّمْعَةِ وَلا حِظْرَ الصُّورَةِ عَلَى  
السَّتَارَةِ . إِنَّ الصُّورَةَ تَظْهَرُ مَقْلُوبَةً لِأَنَّ أَشِعَّةَ الضَّوْءِ مِنْ أَعْلَى اللَّهَبِ  
أَذْنَى الشَّمْعَةِ تَتَقَاطَعُ فِي سَبِيلِهَا عِبْرَ الثَّقْبِ فَتَكُونُ الصُّورَةُ عَلَى السَّتَارَةِ  
مَقْلُوبَةً .



يُمْكِنُكَ صُنْعُ آلَةٍ تَصَوِّرُ بَسِيطَةً (تُعْرَفُ بِاسْمِ الكَامِيرَا ذاتِ الثَّقَبِ) لِلتَّصْوِيرِ بِالْأَسْوَدِ وَالْأَبْيَضِ مِنْ عُلْبَةٍ حِذَاءِ مَثْقُوبَةِ الْمَرْكَزِ فِي أَحَدِ جَانِبَيْهَا. تُبَتُّ وَرَقَةٌ تَصَوِّرُ فُوتُوغْرَافِيٌّ بِشَرِيطٍ لاصِقٍ فِي دَاخِلِ جَانِبِ الْعُلْبَةِ الْمُقَابِلِ لِلثَّقَبِ فِي غُرْفَةٍ مُعْتَمَةٍ. غَطَّ الْعُلْبَةَ جَيِّدًا ثُمَّ تُبَتُّ حَوْلَ الثَّقَبِ بِالشَّرِيطِ اللَّاصِقِ غَلَقًا مِنَ الْوَرَقِ الْمُقَوَّى لِحَجْبِ النُّورِ فَتُصْبِحَ الكَامِيرَا جَاهِزَةً لِلتَّصْوِيرِ. أَشْعِلِ الشَّمْعَةَ كَمَا فِي التَّجَرِبَةِ السَّابِقَةِ وَثَبَّتْهَا أَمَامَ الثَّقَبِ ثُمَّ افْتَحِ الْغَلَقَ عَشْرَ دَقَائِقَ.







إِنَّ وَرَقَ التَّصْوِيرِ الفوتوغرافيَّ حَسَّاسٌ لِلضَّوءِ ، لِذَا فَإِنَّ النُّطَاقَ مِنْهُ  
الَّذِي يَتَعَرَّضُ لِلضَّوءِ يَحُولُ لَوْنُهُ . إِرْفَعِ الْوَرَقَةَ بَعْدَ التَّعْرِيزِ وَعَالِجُهَا  
بِالتَّظْهِيرِ وَالتَّثْبِيتِ فَوْرًا وَإِلَّا اسْوَدَّتْ كُلُّهَا . يُمَكِّنُكَ الْحُصُولُ عَلَى سَائِلِ  
التَّثْبِيتِ مِنْ حَانُوتِ الْمُصَوِّرِ ، وَبِتَطْبِيقِ التَّعْلِمَاتِ تَحْصُلُ عَلَى صُورَةٍ ثَابِتَةٍ .  
إِنَّ الزَّمْنَ الْأَمْثَلَ لِلتَّعْرِيزِ يَحَدَّدُ بِالْإِخْتِيَارِ ، فَالْتَّقَبُ الدَّقِيقُ يُمَرُّ  
الْقَلِيلَ مِنَ الضَّوءِ . وَإِذَا وَسَّعْتَهُ لِقَلِيلِ زَمَنِ التَّعْرِيزِ فَإِنَّ الصُّورَةَ سَتَسْوَدُّ  
صَبَابِيَّةً طَامِسَةً



## انكسار الضوء

يسير الضوء في خطوطٍ مُستقيمة كما يتبين لك إذا راقبت اتجاه أشعة النور ليلاً من مصباح جيب كهربائي أو من مصباح سيارة كشاف. وكذا إذا نظرت عبر أنبوب أو تبريج مُستقيم ثم حنّته فإن الرؤية تنقطع.

لكن الضوء ينحني أو ينكسر عندما يتقل من وسطٍ شفافٍ إلى آخرٍ مُختلف الكثافة. وكان الحسن بن الهيثم (٩٦٥-١٠٣٩ م) رائداً في دراسة ظاهرة الانكسار قبل أن يسجلها العالم الهولندي ولبورده سنل عام ١٦٢١ م.

اغمس قشة شرب في كوب ماء ولاحظ انحناءها الظاهري عند

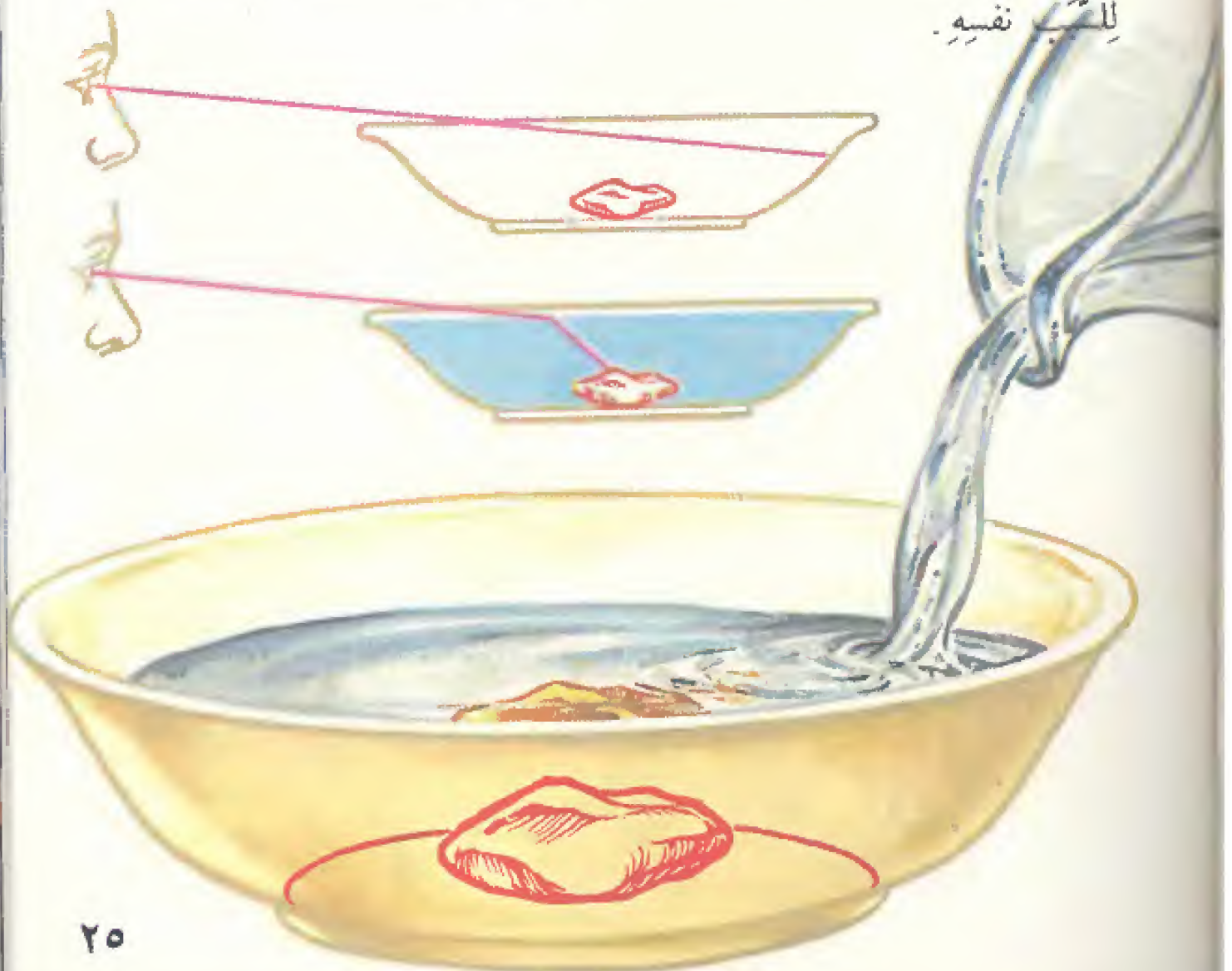




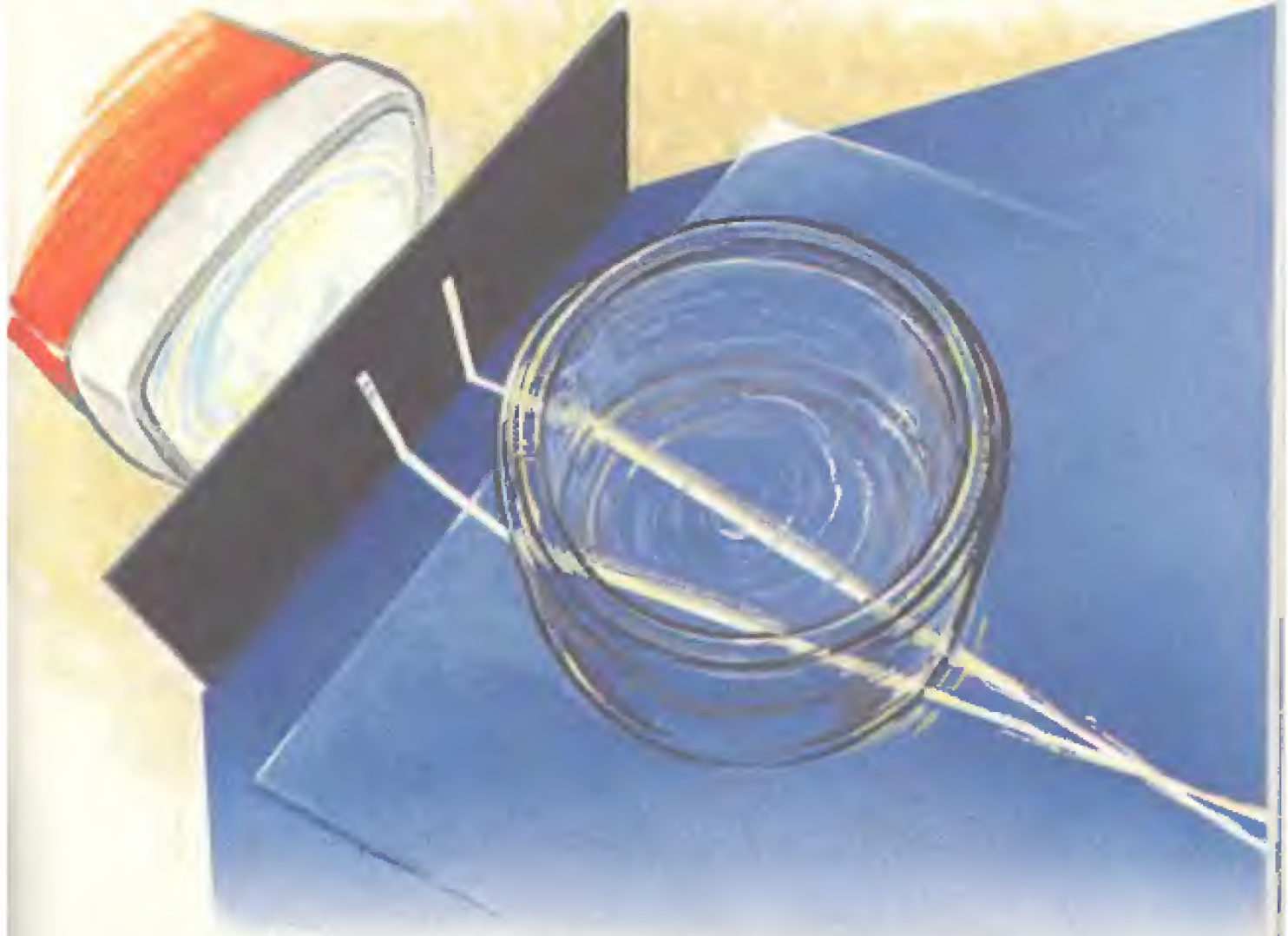
سَطْحِ الْمَاءِ. إِنَّ امْتِدَادَ الْجُزْءِ الْمَغْمُورِ يَبْدُو مَحْنِيًّا بِالنَّسْبَةِ إِلَى جُزْءِ الْقَشَّةِ  
غَيْرِ الْمَغْمُورِ - وَالسَّبَبُ هُوَ انْكِسَارُ أَشْعَةِ الضَّوِّ عِنْدَ انْتِقَالِهَا مِنَ الْمَاءِ إِلَى  
الْهَوَاءِ.

ضَعْ حَصَاةً فِي قَعْرِ طَبَقٍ طَاسِيٍّ عَلَى مِئْضِدَةٍ. ابْتَعدْ عَنِ الْمِئْضِدَةِ  
وَأَنْتَ تَنْظُرُ إِلَى الْحَصَاةِ حَتَّى تَخْتَفِيَ الْحَصَاةُ عَنْ نَظِيرِكَ خَلْفَ حَافَةِ  
الطَّبَقِ. ابْقَ فِي هَذَا الْوَضْعِ بَيْنَمَا يَصُبُّ زَمِيلُكَ لَكَ الْمَاءَ بِعِنَايَةٍ فِي الطَّبَقِ ،  
مَاذَا تَلَاخِظُ؟ كَيْفَ تُفَسِّرُ ذَلِكَ؟

إِنَّ الضَّوِّ الْمُنْعَكِسَ عَنِ الْحَصَاةِ يُنْحَنِي عِنْدَ سَطْحِ الْمَاءِ فَتَرَاهَا . وَهَكَذَا  
تَبْدُو بَرَكُ الْحَدَائِقِ وَبَرَكُ السَّبَّاحَةِ أَقْلَ عُمُقًا مِمَّا هِيَ عَلَيْهِ فِي الْوَاقِعِ .  
كَذَلِكَ تَلَحِظُ انْحِنَاءَ خَطِّ الْجِلْدِ فِي الْوَجْهِ تَحْتَ النِّظَارَاتِ الطَّبِيعِيَّةِ  
لِللَّحَبِ نَفْسِهِ .







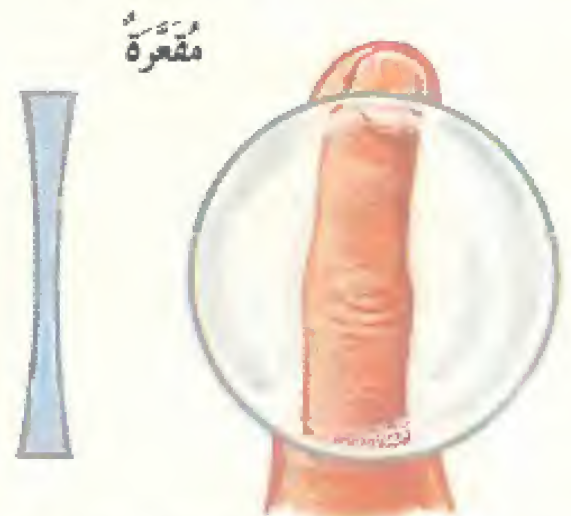
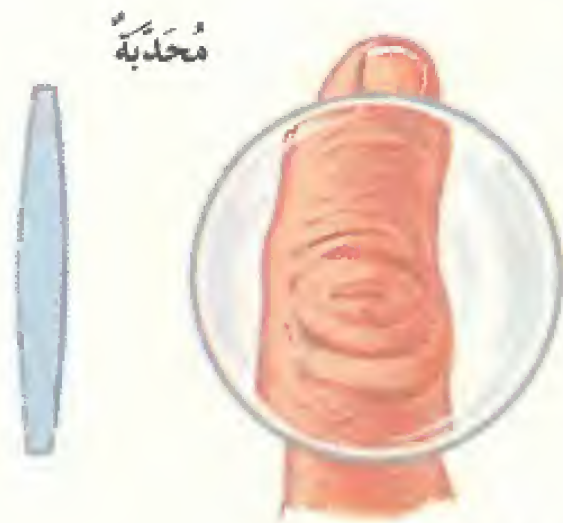
## العدساتُ

تُستخدَمُ العدساتُ في النظاراتِ والميكروسكوباتِ (المجاهِرِ) والتلسكوباتِ (المراقِبِ) والكاميراتِ وأجهزةِ العرضِ السينمائيِّ وغيرِها منَ الأجهزةِ البصريَّةِ. والعدسةُ في عَيْنِ الإنسانِ (ص ١٠) جزءٌ مُهمٌّ في تركيبِها. ولتبيانِ عَمَلِ العدساتِ أَمَرُ شُعاعَيْنِ مِنْ مِصباحِ جَيْبٍ عَبْرَ شَقِي لَوْحٍ كَرْتُونِيٍّ يَبْعُدُ أَحَدُهُمَا عَنِ الْآخَرِ سَتِيْمَتَيْنِ. تَلْقَى الشُعاعَيْنِ بِمَرطَبَانِ صَغِيرِ مَلِيٍّ بِالماءِ فَوْقَ صَفْحَةٍ وَرَقٍ بَيْضَاءٍ. أَضِفْ إِلَى الماءِ بَضْعَ نِقَاطٍ مِنَ اللَّبَنِ بِقَشَّةٍ شُرِبَ. ماذا يَحْدُثُ لِلشُعاعَيْنِ؟ إِنَّهُمَا يَتَلَامَّانِ وَيَتَلَقَّيانِ خَلْفَ المَرطَبَانِ فِي نَقْطَةٍ هِيَ البُورَةُ. لِأَفْضَلِ النَّاتِجِ أَجْرُ هَذِهِ التَّجَرِبَةِ فِي غُرْفَةٍ مُعْتَمَةٍ.

مَرطَبَانِ الماءِ عَمِلَ كَعَدَسَةٍ مَائِيَّةٍ لَمَّتِ الْأَشِعَّةَ فِي بُورَةٍ.



بَعْضُ الْعَدَسَاتِ أَثَخَنُ فِي الْوَسْطِ مِنْهَا فِي الْحَوَافِّ وَنُسَمِّيهَا عَدَسَاتٍ مُحَدَّبَةً (وَمَرْطَبَانُ الْمَاءِ عَدْسَةٌ مِنْ هَذَا الْقَبِيلِ) ، وَأُخْرَى أَثَخَنُ فِي الْحَوَافِّ مِنْهَا فِي الْوَسْطِ وَنُسَمِّيهَا عَدَسَاتٍ مُقَعَّرَةً .



### الْعَدْسَةُ الْحَارِقَةُ

كَيْفَ يُسَبِّبُ طَاسُ السَّمَكِ الصَّغَارَ حَرِيقًا فِي مَرْتِلٍ؟ لَقَدْ تَسَبَّبَتْ أَوْعِيَّةُ تَرْيِيَةِ السَّمَكِ الْكُرْوِيَّةُ هَذِهِ (وَهِيَ عَدَسَاتٌ مُحَدَّبَةٌ) فِي حَرَائِقَ غَامِضَةٍ مُتَعَدِّدَةٍ . فَالطَّاسُ عَلَى عَتَبَةِ الشُّبَّاكِ يَتَلَقَّى أَشِعَّةَ الشَّمْسِ فَيَرْكُزُهَا فِي بُورَةٍ عَلَى سَجَّادَةٍ ، مَثَلًا ، فَتَلْتَهَبُ .

وَالْعَدَسَاتُ الْمُحَدَّبَةُ كُلُّهَا قَادِرَةٌ عَلَى تَرْكِيزِ أَشِعَّةِ الشَّمْسِ فِي بُورَةٍ ، وَلِهَذَا تُدْعَى أحيانًا عَدَسَاتٍ حَارِقَةٍ . وَكَمْ مِنْ حَرِيقٍ فِي غَابَةِ كَانَ سَبِيهُ كَعُوبِ الْقَنَانِي .





عَدَسَةُ التَّكْبِيرِ

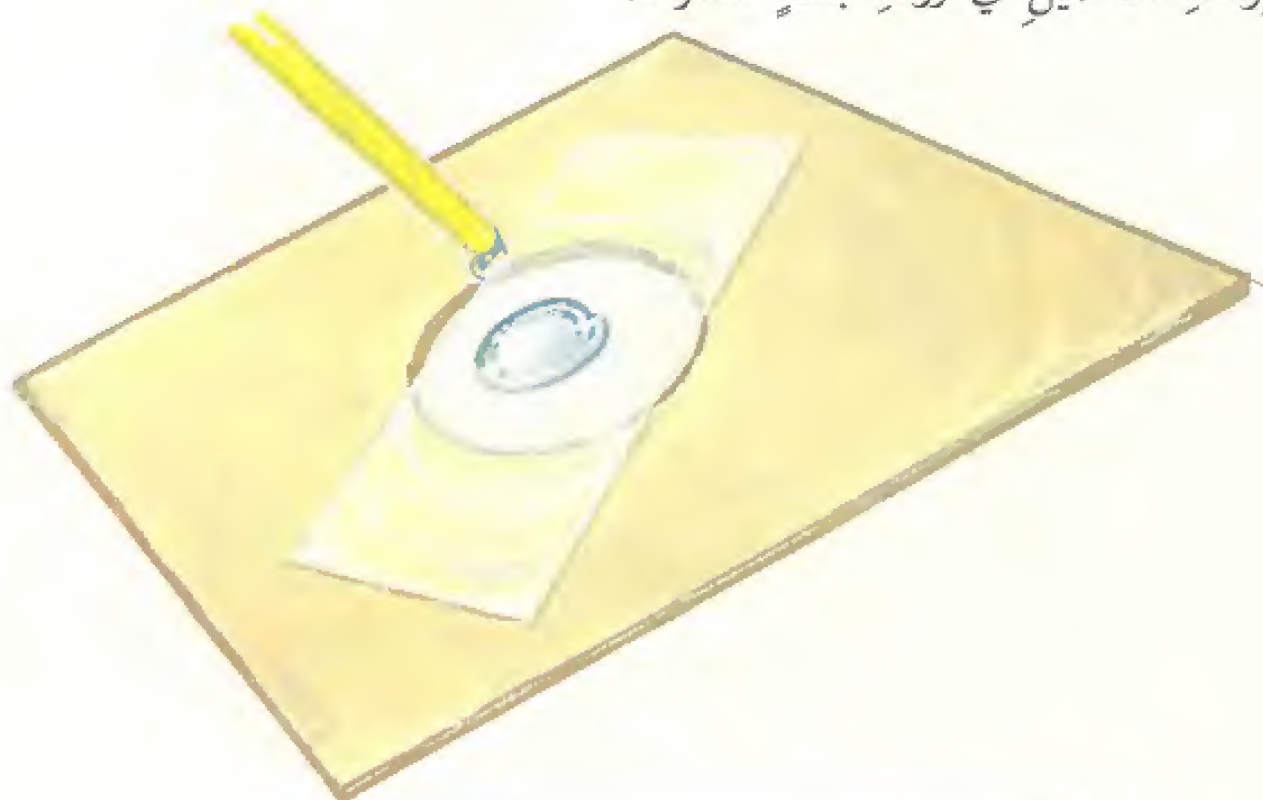
تُعَرَفُ الْعَدْسَةُ الْحَارِقَةُ غَالِبًا بَعْدَسَةِ التَّكْبِيرِ أَوْ الْعَدْسَةِ الْمُكْبَّرَةِ وَتَبْدُو  
الْأَشْيَاءَ عِبْرَهَا مُكْبَّرَةً الْحَجْمِ - وَتُسْتَخْدَمُ كَمِجْهَرٍ بَسِيطٍ لِتَبَيُّنِ الْأَشْيَاءِ  
الدَّقِيقَةِ .



وَتَسْتَطِيعُ صُنْعَ عَدَسَةٍ مُكْبَّرَةٍ مِنْ قِنِينَةٍ لَبَنٍ نَظِيفَةٍ تَمْلَأُهَا بِالْمَاءِ . صُنْعُ  
جَرِيدَةٍ خَلْفَ الْقِنِينَةِ وَلاَحِظْ حَجْمَ الْحُرُوفِ وَالْكَلِمَاتِ . قَدَّرْ قُوَّةَ تَكْبِيرِ  
الْعَدَسَةِ بِمُقَارَنَةِ كَلِمَةٍ مُعَيَّنَةٍ مَعَ قِيَاسِهَا الْأَصْلِيِّ . اِغْمِسْ إصْبَعَكَ دَاخِلَ  
الْقِنِينَةِ وَلاَحِظِ التَّكْبِيرَ النَّاتِجَ . إِنَّ الْمَاءَ فِي الْقِنِينَةِ يَعْمَلُ كَعَدَسَةٍ مُكْبَّرَةٍ ،  
كَمَا أَنَّ نِقَاطَ الْمَاءِ الصَّغِيرَةِ تَعْمَلُ هِيَ أَيْضًا كَعَدَسَاتٍ دَقِيقَةٍ مُكْبَّرَةٍ .



وَالْيَكِ الطَّرِيقَةُ لِصُنْعِ عَدَسَةٍ مُكَبِّرَةٍ مِنْ قُطِيرَةٍ مَاءٍ. خُذْ قِطْعَةً مُرَبَّعَةً  
مِنَ الْوَرَقِ الْمُقَوَّى وَانْقُرْ فِي مَرَكِزِهَا ثَقْبًا دَائِرِيًّا قُطْرُهُ ٢,٥ سَم. غَطِّ الثَّقْبَ  
بَشَرِيطٍ لاصِقٍ شَفَافٍ صَامِدٍ لِلْمَاءِ وَاقْطُرْ فَوْقَ الشَّرِيطِ بَعْنَايَةٍ مِنْ قَشَّةِ  
شُرْبِ قُطِيرَةٍ مَاءٍ. إِنَّ الْقُطِيرَةَ لَا تَبُلُّ الشَّرِيطَ وَتَتَّخِذُ شَكْلًا كُرَوِيًّا بِفِعْلِ  
التَّوْتَرِ السَّطْحِيِّ وَتَعْمَلُ كَعَدَسَةٍ كُرَوِيَّةٍ صَغِيرَةٍ. اسْتَخْدِمِ هَذِهِ الْعَدَسَةَ  
لِدِرَاسَةِ التَّفَاصِيلِ فِي وَرَقَةِ نَبَاتٍ خَضِرَاءٍ.







## • النَّظَّارَاتُ •

مِنْ أَهَمِّ الْوَاجِبَاتِ الصَّحِيَّةِ إِعْطَاءُ الْعَيْنِ حَقَّهَا مِنَ الْإِهْتِمَامِ وَالْعِنَايَةِ .  
فَعِنْدَمَا تَشْعُرُ بِأَنَّ نَظْرَكَ يَنْقُصُهُ السَّدَادُ وَالْحِدَّةُ فِي الرُّؤْيَةِ (وَحَتَّى قَبْلَ ذَلِكَ)  
عَلَيْكَ بِزِيَارَةِ طَبِيبِ الْعُيُونِ لِيَفْحَصَ عَيْنَيْكَ وَيَصِفَ الْعِلَاجَ . وَقَدْ يَكُونُ  
بَعْضُ هَذَا الْعِلَاجِ أَوْ كُلُّهُ اسْتِخْدَامَ النَّظَّارَاتِ لِتَصْحِيحِ الرُّؤْيَةِ . فَلِلرُّؤْيَةِ  
السَّدِيدَةِ يَنْبَغِي أَنْ تَقَعَ الصُّورَةُ عَلَى الشَّبَكِيَّةِ لَا أَمَامَهَا كَمَا فِي الْحَسَرِ (قِصَرِ  
النَّظَرِ) وَلَا خَلْفَهَا كَمَا فِي الطَّرَحِ (مَدَّ الْبَصَرِ) .

مَدِيدُ الْبَصَرِ يَرَى الْأَشْيَاءَ الْبَعِيدَةَ وَلَا يُحْسِنُ رُؤْيَةَ الْأَشْيَاءِ الْقَرِيبَةِ  
- وَيُصَحِّحُ هَذَا الْخَطَأَ بِعَدَسَةٍ مُحَدَّثَةٍ تُسَاعِدُ عَدَسَةَ الْعَيْنِ فِي كَسْرِ



الْأَشِعَّةُ لِتَأْتِيَ الصُّورَةُ عَلَى الشَّبَكِيَّةِ لَا خَلْفَهَا . أَمَّا قِصْرُ النَّظَرِ فَيَنْتِجُ عَنْ عَيْنِ قُوَّتِهَا الْإِنْكَسَارِيَّةِ زَائِدَةً تَتَكَوَّنُ فِيهَا الصُّورَةُ قَبْلَ الشَّبَكِيَّةِ ، وَيُصَحِّحُ هَذَا الْخَطَأُ بَعْدَسَةٌ مُقَعَّرَةٌ .

وَمِنْ أَخْطَاءِ الْبَصَرِ مَا يُعْرَفُ بِاللَّانُقْطِيَّةِ (الْأَسْتِجْمِيَّةِ) وَسَبَبُهُ تَفَاوُتُ فِي تَقْوُسِ الْمُقَلَّةِ - وَيُمْكِنُ تَصْحِيحُهُ بِنَظَارَاتٍ خَاصَّةٍ .

وَالنَّظَارَاتُ قَدِيمَةٌ الْعَهْدِ جَدًّا ، فَقَدْ اسْتَعْمَلَ الْفَرَاعِنَةُ وَالْأَشُورِيُّونَ أَنْوَاعًا مِنَ الْعَدَسَاتِ لِتَحْسِينِ الرُّؤْيَةِ . وَنَحْنُ وَإِنْ كُنَّا نَجْهَلُ مُخْتَرَعَ النَّظَارَةِ الْحَدِيثَةِ فَإِنَّا نَعْرِفُ أَنَّ الْعَالِمَ الشَّهِيرَ غَالِيلِيو (١٥٦٤ - ١٦٤٢) صَنَعَ لِنَفْسِهِ وَاحِدَةً وَاسْتَحْدَمَهَا حِينَ ضَعُفَ بَصَرُهُ .



رَسَمٌ يَعُودُ إِلَى الْعَامِ ١٥٦٤ فِي كِتَابِ «عِبَادَةِ الْمُلُوكِ» لِطَرُوسِ بَرُوغِل





## قَوْسُ الْقُزَحِ

قَوْسُ قُزَحٍ مَجْمُوعَةٌ مِنْ أَلْوَانِ الطَّيْفِ الرَّائِعَةِ السَّبْعَةِ تَظْهَرُ فِي السَّمَاءِ فِي مُقَابَلَةِ الشَّمْسِ عِنْدَمَا تُضِيءُ خِلَالَ قَطَرَاتِ الْمَطَرِ نَتِيجَةً لِانْعِكَاسِ أَشِعَّةِ الشَّمْسِ وَانكِسارها. وَبِذَلِكَ يَتَحَلَّلُ ضَوْءُ الشَّمْسِ إِلَى أَلْوَانِهِ الْأَسَاسِيَّةِ وَهِيَ الْأَحْمَرُ وَالْبُرْتُقَالِيُّ وَالْأَصْفَرُ وَالْأَخْضَرُ وَالْأَزْرَقُ وَالنِّيلِيُّ وَالْبَيْضُوجِيُّ، وَتُعْرَفُ بِالْأَلْوَانِ الطَّيْفِ. وَأَحْيَانًا يَظْهَرُ قَوْسًا قُزَحًا بِالْأَوَّلِيِّ الْعَادِيَّ وَآخَرَ ثَانِيَّ يَقَعُ خَارِجَ الْأَوَّلِيِّ وَأَلْوَانُهُ أَخْفَى وَتَتَوَالَى بِتَرْتِيبٍ مُعَاكِسٍ.

أَنْفُخْ عَبْرَ مَحْلُولِ صَابُونِي بِقَشَّةٍ شُرْبٍ لِتَطْيِيرِ فِقَاقِيعِ صَابُونِيَّةٍ مِنْهُ. إِنْ هَذِهِ الْفِقَاقِيعُ تَبْدُو مُلَوَّنَةً بِالْأَلْوَانِ الطَّيْفِ فِي مُوَاجَهَةِ ضَوْءٍ قَوِيٍّ.



يُمْكِنُكَ تَحْلِيلُ نَوْرِ الشَّمْسِ إِلَى أَلْوَانِ قَوْسِ قُزَحٍ بِتَلْقِي حُزْمَةٍ رَفِيعَةٍ  
 مِنَ الْأَشْعَةِ بِمَوْشُورٍ زُجَاجِيٍّ. وَجِهْ الْأَشْعَةَ الْمُنْكَسِرَةَ بَعْدَ مُرُورِهَا فِي  
 الْمَوْشُورِ نَحْوَ صَفِيحَةٍ بَيَضاءَ عَلَى مَقْرَبَةٍ مِنْهُ، وَلاَحِظْ أَلْوَانَ الطَّيْفِ  
 السَّاقِطَةِ عَلَيْهَا. إِذَا لَمْ يَتَوَافَرَ لَدَيْكَ مَوْشُورٌ زُجَاجِيٌّ فَبَاسِطِطَاعَتِكَ عَمَلُ  
 مَوْشُورٍ مَائِيٍّ بِغَمْرِ مِرْآةٍ مُسْتَطِيلَةٍ مَائِلَةٍ فِي طَبَقِ مَاءٍ عَلَى عَتَبَةِ الشُّبَّالِ.  
 اضْبِطْ وَضْعَ الْمِرْآةِ لِإِسْقَاطِ الطَّيْفِ عَلَى سِتَارٍ أَوْ جِدَارٍ قَرِيبٍ. وَلَعَلَّكَ  
 تُشَاهِدُ قَوْسَ قُزَحٍ مِنْ رَشَاشِ الْمَاءِ الْمُتَنَائِرِ مِنْ مِرْدَّةٍ دَوَّارَةٍ فِي يَوْمٍ  
 مُشْمِسٍ.





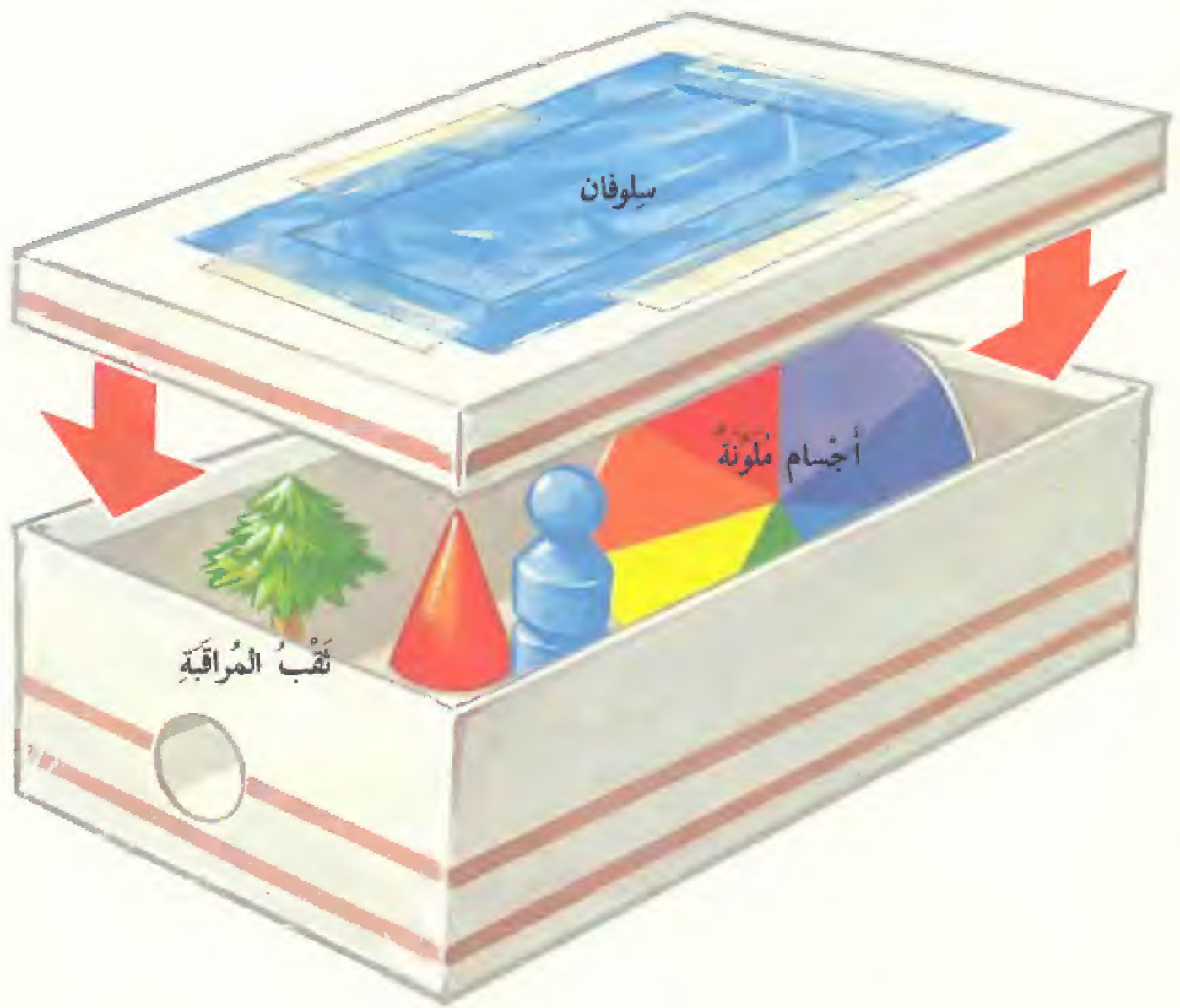
## اللون الطيف

كان العالم البريطاني إسحق نيوتن أول من بين تركيب الضوء الأبيض من ألوان الطيف السبعة. فقد وجه حزمة من الضوء نحو مؤشر زجاجي فتحلل الضوء إلى ألوان الطيف، ثم تلقى الطيف الناتج بمؤشر مكافئ في وضع معاكس فعادت ألوان الطيف لتؤلف اللون الأبيض. وقد أجرى نيوتن تجربة بقرص ألوان الطيف يمكنك إعادتها.

خذ قرصاً دائرياً قطره حوالي ١٠ سم ولونه قطاعات بالوان الطيف. اثنب القرص من مركزه وأمرر عبره خيطاً أنشوطياً ودور القرص بسرعة كما يدوم الأولاد دوماتهم الملونة بالبرم والشد، فترى أن الألوان تمتزج ويبدو لون القرص أبيض تقريباً.







يَعْتَمِدُ لَوْنُ الْجِسْمِ عَلَى لَوْنِ الطِّيفِ الَّذِي يَعْكِسُهُ ، فَالْقَلَمُ الْأَحْمَرُ يَبْدُو كَذَلِكَ لِأَنَّهُ يَمْتَصُّ أَلْوَانَ الطِّيفِ وَيَعْكِسُ الْأَحْمَرَ مِنْهَا . وَإِذَا مَا وَجَّهْنَا نَحْوَ الْقَلَمِ نُورًا خَالِيًا مِنَ اللَّوْنِ الْأَحْمَرِ فَإِنَّهُ يَبْدُو أَسْوَدَ لِأَنَّ الْقَلَمَ لَا يَعْكِسُ مِنْ أَلْوَانِ الطِّيفِ حِينَئِذٍ شَيْئًا .

غَطَّ عُلْبَةً بِوَرَقِ السُّلُوفَانِ الْأَزْرَقِ وَعَرَّضَهَا لِلنُّورِ فَتَرَى عَبْرَ ثَقْبِ الْمُرَاقَبَةِ فِي جَانِبِ الْعُلْبَةِ خَيَالًا أَزْرَقَ . ضَعُ بَضْعَةً أَشْيَاءَ مُلَوَّنَةٍ دَاخِلَ الْعُلْبَةِ وَانْظُرْ إِلَيْهَا عَبْرَ ثَقْبِ الْمُرَاقَبَةِ ، فَمَاذَا تَلَاخِظُ ؟ مَاذَا كَانَ أَثَرُ اللَّوْنِ الْأَزْرَقِ عَلَى أَلْوَانِ الْأَجْسَامِ فِي الْعُلْبَةِ ؟



## مَزْجُ الْأَلْوَانِ

أَلْوَانٌ دَافِئَةٌ مُنْسَجِمَةٌ



أَلْوَانٌ بَارِدَةٌ مُتَوَافِقَةٌ

يَسْتَخْدِمُ الرَّسَّامُونَ دَوْلَابَ  
الْأَلْوَانِ لِيَخْلُقَ أَلْوَانٍ رَائِعَةً مُثِيرَةً.  
وَهُمْ يَقْسِمُونَ الْأَلْوَانَ إِلَى فِئَتَيْنِ  
- دَافِئَةٍ تَضُمُّ الْأَحْمَرَ وَالْبُرْتُقَالِيَّ  
وَالْأَصْفَرَ، وَبَارِدَةٍ تَشْمَلُ الْأَزْرَقَ  
وَالْأَخْضَرَ وَالْأَرْجَوَانِيَّ.

فَالْأَلْوَانُ الْمُتَقَابِلَةُ عَلَى الدَّوْلَابِ  
هِيَ أَلْوَانٌ مُتَمَامَةٌ يُبْرَزُ وَاحِدُهَا الْآخَرُ  
بِنُصُوعٍ ظَاهِرٍ. وَهَكَذَا تُبْرَزُ  
الْبُرْتُقَالِيَّ بِوَضْعِ الْأَزْرَقِ بِجَوَارِهِ

وَالْأَحْمَرَ الزَّاهِيَّ بِإِحَاطَتِهِ بِالْأَخْضَرِ. كَذَلِكَ تُورَقُ الْغُرْفَةُ أَوْ تُطْلَى بِالْأَزْرَقِ  
أَوْ الْأَخْضَرِ أَوْ الْأَرْجَوَانِيَّ لِإِضْفَاءِ الْهُدُوءِ وَاللِّطَافَةِ عَلَى جَوْهَا - أَمَّا جَوْ  
الْعَمَلِ وَالنَّشَاطِ فَتُضْفِيهِ أَلْوَانُ الْأَحْمَرِ وَالْبُرْتُقَالِيَّ وَالْأَصْفَرَ الدَّافِئَةَ.

أُرْسِمُ صُورَةً وَلَوْنُهَا بِالْأَلْوَانِ الْبَارِدَةِ ثُمَّ أَعِدِ الرَّسْمَةَ نَفْسَهَا مُلَوَّنَةً  
بِالْأَلْوَانِ الدَّافِئَةِ. أَتُرَكُّهَا تَجِفَّانِ ثُمَّ تَأْمَلُهَا مَلِيًّا. هَلْ تَلْحَظُ الْجَوْ وَالْمِزَاجَ  
الْمُخْتَلِفَيْنِ فِيهِمَا؟ ثَبَّتْ مُرَبَّعًا صَغِيرًا أَحْمَرَ أَوْ بُرْتُقَالِيًّا عَلَى صَفْحَةٍ بَيَاضٍ  
وَحَدِّقْ فِيهِ جِدًّا مُدَّةَ دَقِيقَةٍ. ارْفَعْ الْمُرَبَّعَ وَتَابِعِ التَّحْدِيقَ فِي الصَّفْحَةِ  
الْبَيَاضِ - هَلْ تَرَى اللَّوْنَ الْمُتَمِّمَ لِلْأَحْمَرِ بَاهِتًا أَمَامَ نَاطِرِيكَ مَكَانَ  
الْمُرَبَّعِ؟ كَيْفَ تُفَسِّرُ ذَلِكَ؟

تَسْتَخْدِمُ الْمَسَارِخُ الْمَنَاورَ وَالْأَضْوَاءَ الْكَشَافَةَ بِمُرَشَّحَاتِهَا اللَّوْنِيَّةِ  
لِإِضْفَاءِ الْمُؤَثِّرَاتِ الْمَسْرُحِيَّةِ الْمُخْتَلِفَةِ وَلِإِبْرَازِ الْمُثْمَلِينَ بِوُضُوحٍ أَمَامَ





الإثارة بالمناور في مسرح حديث

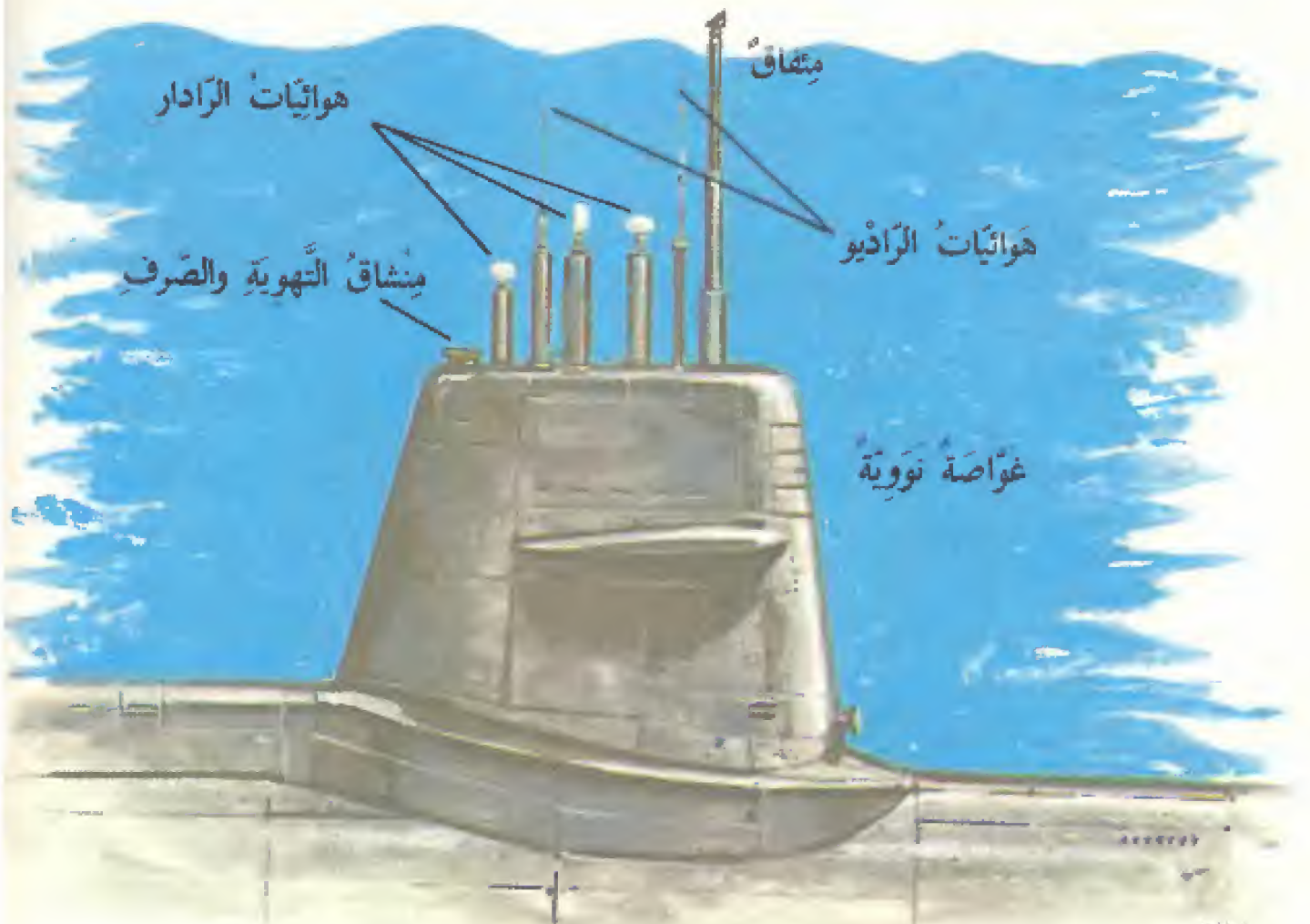
النظارة ، بينما تقوم مناور أخرى جدارية وسقفية بإبراز الأحداث والنشاطات الأخرى على المسرح . فالجانب الذي تثيره الأضواء تلونه بالموثرات المناسبة بمرشحات حمراء أو صفراء للمشاهد المرحية المشمسة ، أو بمرشحات زرقاء أو خضراء للمشاهد الباردة الليلية - وقد يمتزج نور مناورين منفصلين لإثارة انتباه المتفرجين ، أو تتجمع ثلاث مناور حمراء وخضراء وزرقاء لتثير المسرح بضوء أبيض مشرق .



حينما تقف تمشط شعرك أمام المرآة ترى صورتك واضحة لأن سطح المرآة صقيل يعكس الضوء. ولو كان السطح خشناً غير مصقول لتشتت الضوء في كل ناحية.

تلق نور الشمس بمرآة صغيرة واعكسه على جدار ولا حظ تنقل بقعة الضوء كلما أملت المرآة. ويمكنك تحدي زميل بمرآة مائلة أن يمسك بخيال مرآتك. ماذا لو استعمل كل منكما مرآتين؟

وتستخدم خاصية الانعكاس في المرايا للرؤية حول الزوايا أو عبر الحواجز كما هي الحال في المثاق. ويمكنك صنع مثاق بسيط من مسطرة تثبت في طرفيها بالپلاستيسين مرآتين متقابلتين (بزوايا ٤٥°).

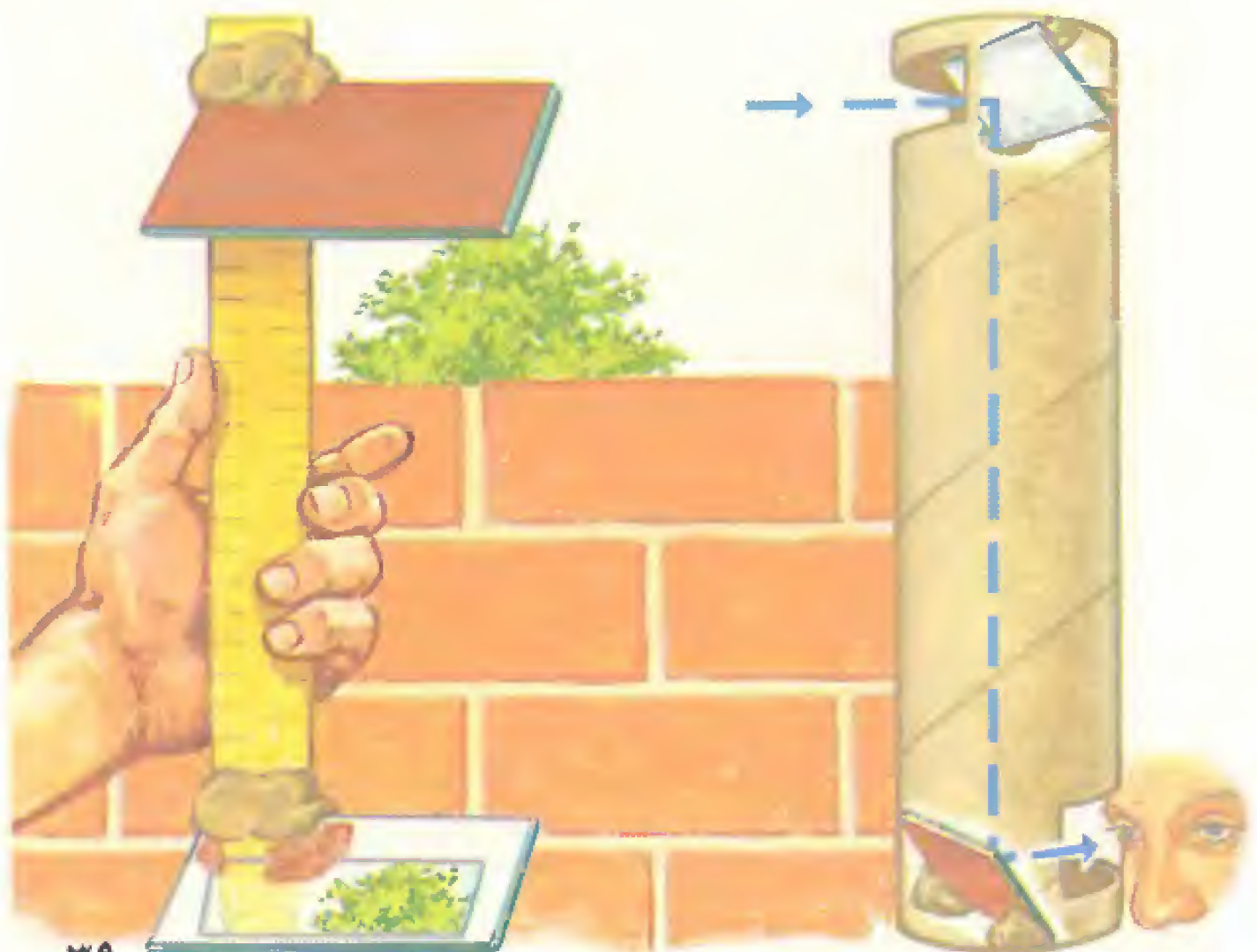




قِفْ وَرَاءَ حَاجِزٍ أَوْ جِدَارٍ وَانْظُرْ عَبْرَهُ بِالمِثْفَاقِ. إِنَّ المِرْآةَ العُلْيَا  
تَعْكِسُ المَنْظَرَ إِلَى المِرْآةِ السُّفْلَى وَهَذِهِ بِدَوْرِهَا تَعْكِسُهُ إِلَى عَيْنِكَ - وَهَذَا  
هُوَ سِرُّ مِثْفَاقِ العَوَاصِفِ الَّتِي يُصْعَدُ قَائِدُهَا طَرَفَ المِثْفَاقِ فَوْقَ سَطْحِ المَاءِ  
لِيَرَى مَا عَلَى السَّطْحِ وَهِيَ تَحْتَهُ.

وَلَعَلَّكَ وَقَدْ خَبِرْتَ الفِكْرَةَ تُرِيدُ تَصْمِيمَ مِثْفَاقٍ مُطَوَّرٍ سَهْلِ الحَمَلِ  
تَصْنَعُهُ مِنْ أَنْبُوبٍ مِنَ الورَقِ المَقْوَى لِتَرَى فِيهِ حَوْلَ زَاوِيَةِ الجِدَارِ أَوْ عَبْرَ  
عَتَبَةِ الشُّبَّاكِ أَوْ تُرَاقِبَ مُبَارَاةً وَسَطَ زِحَامٍ شَدِيدٍ.

هَلْ جَرَّبْتَ اسْتِخْدَامَ مِرْآَتَيْنِ لِتَرَى قَفَا رَأْسِكَ؟ حَاولْ أَنْ تَقْرَأَ كِتَابَةً  
مُنْعَكِسَةً فِي مِرْآةٍ. مَاذَا لَوْ اسْتَخْدَمْتَ مِرْآةً ثَانِيَةً لِتَعْكِسَ لَكَ مَا فِي  
المِرْآةِ الأُولَى؟



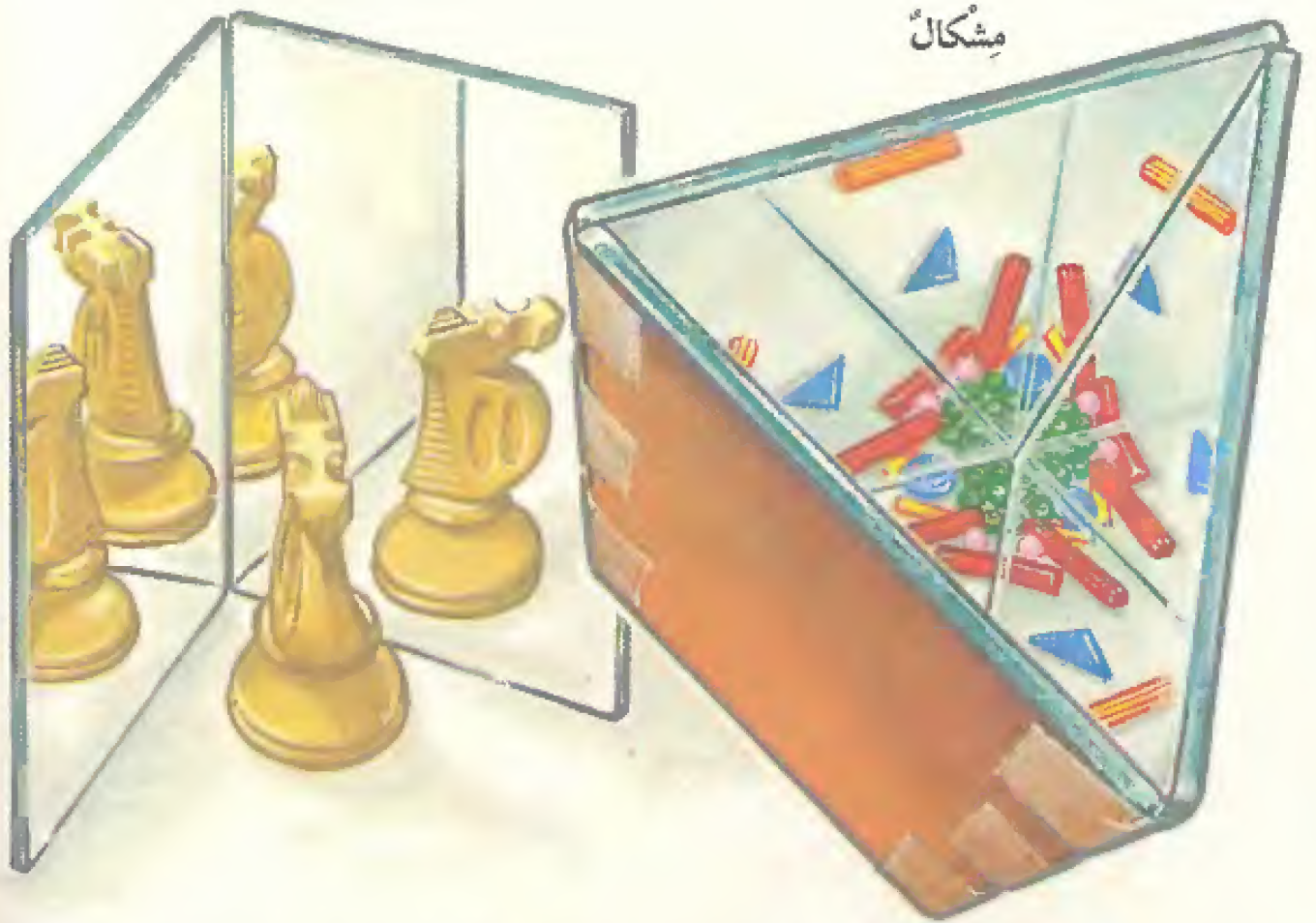


## المرايا مائلة ومقوسة

وَقَفْ مِرَاتَيْنِ عَلَى حَرْفَيْهَا مُتَاسَتِي الْجَانِبَيْنِ وَمُتَعَامِدَتَيْنِ وَضَعْ لُغْبَةً صَغِيرَةً (أَوْ قِطْعَةً شِطْرَنْجٍ) بَيْنَهُمَا. كَمْ صُورَةً تَرَى لِلْغُبَّةِ؟ ضَيِّقِ الزَّاوِيَةَ بَيْنَ الْمِرَاتَيْنِ وَلاَحِظْ أَثَرَ ذَلِكَ فِي عَدَدِ الصُّوَرِ النَّاتِجَةِ. إِنَّكَ بِهَذَا تَحْصُلُ عَلَى صُورِ الصُّوَرِ فَيَتَرَايِدُ عَدْدُهَا.

وَقَفْ الْمِرَاتَيْنِ مُتَقَابِلَتَيْنِ وَبَيْنَهُمَا حَوَالِي ٣٠ سَم. ضَعْ جُنْدِيًّا دُمِيَّةً بَيْنَهُمَا وَانْظُرْ مِنْ فَوْقِ إِحْدَاهُمَا. هَلْ تَرَى الصَّفَّ اللَّامُتْنَاهِيَّ مِنَ الدُّمِيِّ صُورًا وَصُورَ صُورٍ؟

## مشكال

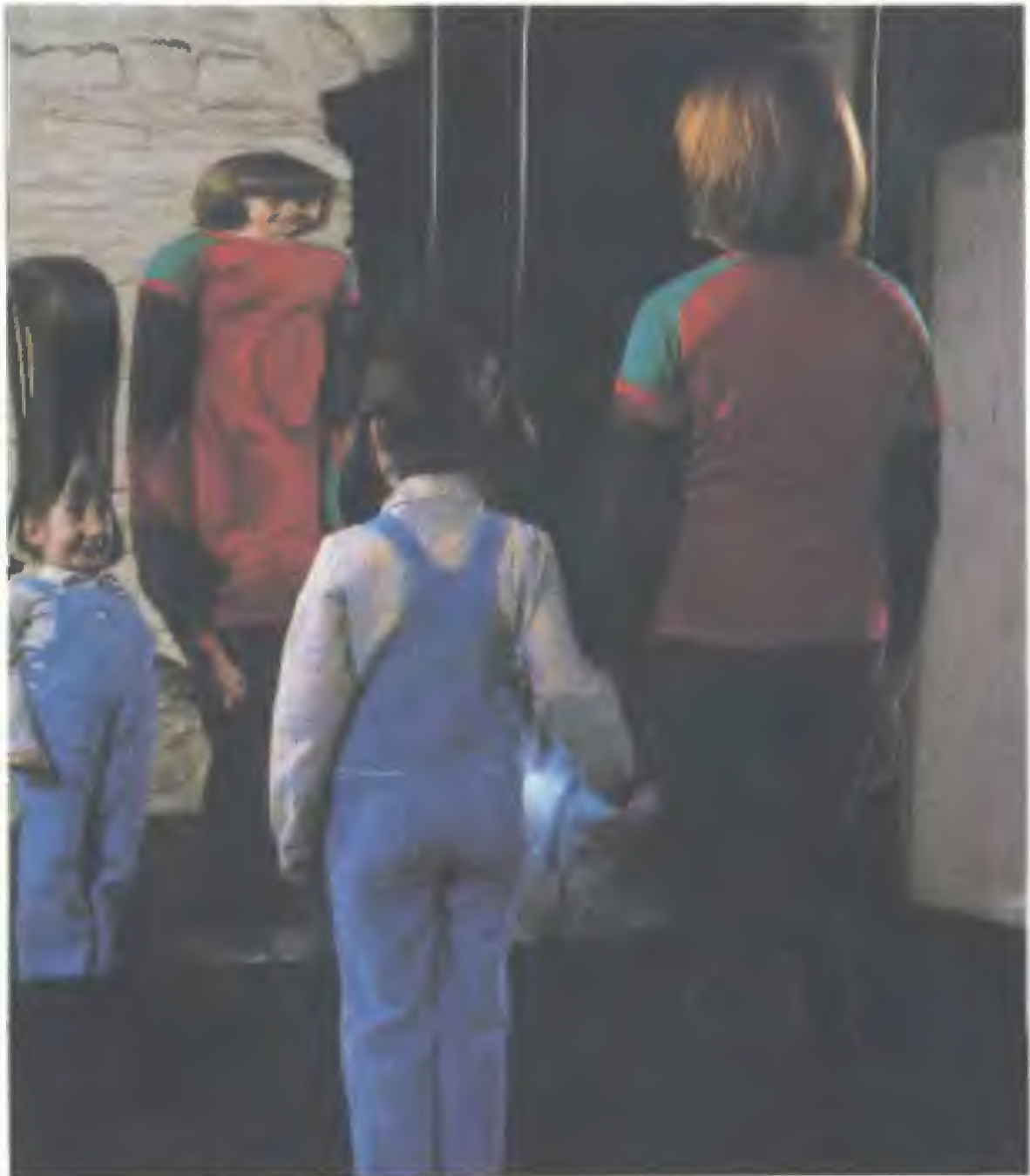


ثَبَّتْ بِشَرِيطٍ لاصِقٍ ثَلَاثَ مَرَايَا صَغِيرَةٍ مُتَمَاثِلَةٍ فَوْقَ صَفِيحَةٍ وَرَقٍ بَيْضَاءَ. أَثَرُ بَعْضِ الْخَرَزِ (أَوْ الْوَرَقِ الْمُلَوَّنِ) فِي الْفُسْحَةِ بَيْنَ الْمَرَايَا



وَلَا حِظَّ نَمَطَ التَّشَكُّلِ النَّاتِجِ مِنْ أَنْعِكَاسَاتِهَا. حَرَكِ الْخَرَزَاتِ لِتَبْدُلَ  
وَضْعَهَا ، وَلَا حِظَّ أَنْطَاطِ التَّشَكُّلِ الْمُتَغَيِّرَةِ الْبَدِيعَةِ .

أَمَّا إِذَا كَانَ سَطْحُ الْمِرْآةِ مُقَوَّسًا فَإِنَّ الصُّورَ فِيهَا تَبْدُو مُتَفَاوِتَةً الْغَرَابَةِ .  
أَنْظِرْ صُورَتَكَ فِي بَاطِنِ مِلْعَقَةٍ صَقِيلَةٍ ثُمَّ فِي قَفَاهَا - مَاذَا تُلَا حِظُّ ؟ إِنَّ  
الصُّورَ فِي الْمَرَايَا الْمَقْعَرَةِ تَخْتَلِفُ كَثِيرًا بَيْنَمَا هِيَ دَائِمًا أَصْغَرُ فِي الْمَرَايَا  
الْمُحَدَّبَةِ . وَفِي بَعْضِ الْمَعَارِضِ قَاعَاتُ مَرَايَا تُرَى الصُّورَ بِأَشْكَالٍ غَرِيبَةٍ  
مُضْحِكَةٍ وَمُسْكِيَةٍ - هَلْ زُرْتَ بَعْضَهَا ؟







### المِرْقَبُ (التِّلِسْكُوبُ) وَكَيْفَ تَصْنَعُهُ

نَرَى الْكَثِيرَ مِنَ النُّجُومِ تَتَلَأُلُؤُا فِي السَّمَاءِ لَيْلًا كَمَا نَرَى الْقَمَرَ بِنُورِ الشَّمْسِ الْمُنْعَكِسِ عَلَيْهِ. وَلَكِنَّا نَرَى الْمَزِيدَ مِنَ النُّجُومِ وَالْأَجْرَامِ الْفَلَائِكِيَّةِ وَبِوضُوحٍ أَشَدَّ بِاسْتِخْدَامِ الْمِرْقَبِ.

يَعْتَمِدُ الْمِرْقَبُ الْكَاسِرُ عَلَى الْعَدَسَاتِ بَيْنَمَا يَعْمَلُ الْمِرْقَبُ الْعَاكِسُ بِالْمَرَايَا الْمُقَوَّسَةِ. وَقَدْ صَنَعَ الْعَالِمُ إِسْحَاقُ نِيوْتُنْ أَوَّلَ مِرْقَبٍ عَاكِسٍ مُنْذُ حَوَالِي ثَلَاثَةِ قُرُونٍ مِنْ مِرَاةٍ مُقَعَّرَةٍ، تَجْمَعُ الْأَشْعَةَ مِنَ الْجَرْمِ الْفَلَائِكِيِّ فِي بُورَةٍ، وَعَدَسَةٍ عَيْنِيَّةٍ تُكَبِّرُ الصُّورَةَ الْمُتَجَمِّعَةَ فِي تِلْكَ الْبُورَةِ - وَهَذَا يَعْنِي أَنَّكَ فِي الْمِرْقَبِ الْعَاكِسِ لَا تَنْظُرُ عَبْرَ الْمِرْقَبِ مُبَاشَرَةً بَلْ فِي جَانِبِهِ.

وَيُمْكِنُكَ صُنْعُ مِرْقَبٍ عَاكِسٍ بَسِيطٍ مِنْ مِرَاةٍ مُقَعَّرَةٍ (مِرَاةٍ الْحِلَاقَةِ مِثَالِيَّةٌ لِهَذَا الْغَرَضِ) وَعَدَسَةٍ مُكَبِّرَةٍ وَمِرَاةٍ صَغِيرَةٍ مُسَطَّحَةٍ. ضَعِ الْمِرَاةَ



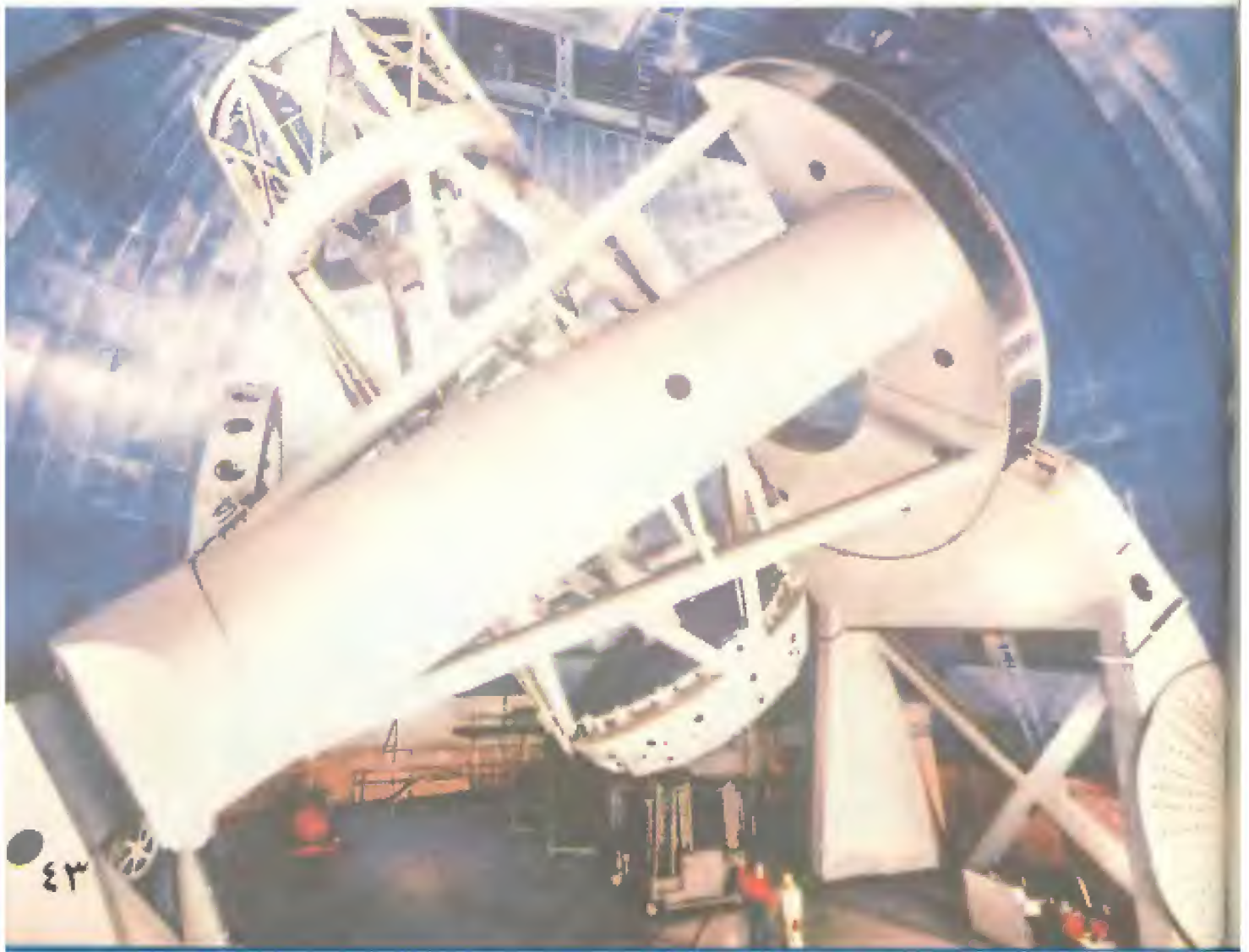
المُقَعَّرَة عَلَى عَتَبَةِ الشُّبَّاكِ بِاتِّجَاهِ النُّجُومِ ثُمَّ تَلَقَّى صُورَةَ الْمِرْآةِ الْمُقَعَّرَةِ فِي الْمِرْآةِ الْمُسَطَّحَةِ . وَاسْتَخْدِمَ الْعَدَسَةَ الْمُكْبِّرَةَ لِمُرَاقَبَةِ الصُّورَةِ الْمُنْعَكِسَةِ عَنِ الْمِرْآةِ الْمُسَطَّحَةِ .

إِنَّ أَكْبَرَ مِرْقَبٍ عَاكِسٍ فِي الْعَالَمِ هُوَ مِرْقَبُ هِيلِ الْعَاكِسُ فِي پَالُومَارِ بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ وَقُطْرُ مِرَاتِهِ خَمْسَةُ أَمْتَارٍ . وَهَذِهِ الْمُرَاقِبُ أَسْهَلُ صُنْعًا مِنَ الْكَاسِرَةِ لِصُعُوبَةِ عَمَلِ الْعَدَسَاتِ الضَّخْمَةِ بِالِدَقَّةِ الْمَطْلُوبَةِ .

وَإِذَا مَا اشْتَرَيْتَ مِرْقَبًا جَاهِزًا (أَوْ صَنَعْتَهُ بِنَفْسِكَ) فَلَا تَسْتَخْدِمُهُ مُطْلَقًا لِلتَّطَلُّعِ إِلَى الشَّمْسِ فَذَلِكَ مُضِرٌّ حَتْمًا بِعَيْنَيْكَ وَقَدْ يُتْلَفُ بَصْرُكَ . اسْتَخْدِمْهُ فَقَطْ لِمُشَاهَدَةِ الْأَجْسَامِ الْأَرْضِيَّةِ نَهَارًا أَوْ الْأَجْرَامِ الْفَلَكَيَّةِ لَيْلًا .

مِرْقَبُ هِيلِ الْعَاكِسُ

عَلَى جَبَلِ پَالُومَارِ ، كَالِيفُورْنِيَا ، الْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ





## خِداغُ البَصَرِ

أَحْيَانًا يَخْدَعُ نَوْرُ الشَّمْسِ أَبْصَارَنَا ، فَلْأَشْيَاءَ لَا تَبْدُو دَائِمًا عَلَى حَقِيقَتِهَا . وَالسَّرَابُ الصَّحْرَاوِيُّ (أَوْ الْقُطْيِيُّ) هُوَ مِثَالُ جَيْدٍ عَلَى ذَلِكَ - إِذْ يَرَى الْمُسَافِرُ مَا يَتَوَهَّمُهُ مَاءٌ أَوْ وَاحَةٌ نَتِيجَةً لَانِعْكَاسِ النُّورِ الْكُلِّيِّ الْوَارِدِ مِنْ طَبَقَةِ هَوَاءٍ إِلَى أُخْرَى أَسْخَنَ (وَأَقْلَّ كَثَافَةً) .

خِداغُ البَصَرِ - طَائِرَةُ كُونْكَوردَ عَلَى وَشَكِّ الْإِقْلَاعِ  
(لَا حِظْرَ الصُّورَةِ الْمَقْلُوبَةِ لِجُزْئِهَا السُّفْلِيِّ)



وَبِاسْتِطَاعَتِكَ صُنْعِ بَعْضِ هَذِهِ الْخُدَعِ الْبَصَرِيَّةِ لِلتَّسْلِيَةِ . خُذْ دَلِيلَ هَاتِفٍ قَدِيمًا وَارْسُمْ عَلَى حَوَافِّ الزَّوَايَا الْيُمْنَى لِجُزْءٍ مِنْ صَفْحَاتِهِ نُقْطَةً بِقَلَمٍ لَبَادٍ جَاعِلًا النُّقْطَةَ فِي كُلِّ مَرَّةٍ أَكْبَرَ حَجْمًا مِنْ سَابِقَتِهَا . قَلْبٌ





صَفَحَاتِ الدَّلِيلِ بِسُرْعَةٍ بَدْءًا مِنَ الصَّفْحَةِ الْأُولَى فَتَبْدُوا لَكَ النُّقْطَةُ وَكَأَنَّهَا  
تَنُمُو وَتَتَمَدَّدُ!

خُذْ حَوَالِي عِشْرِينَ وَرَقَةً أَوْ بَطَاقَةً وَدَبِّسْهَا مِنْ جَانِبٍ كَالدَّفْتَرِ . ضَعْ  
وَرَقَ كَرْبُونٍ بَيْنَ الْوَرَقَاتِ وَعَلِّمْ بِالْخُطُوطِ هَيْكَلَ جِسْمٍ لِتَحْدِيدِ مَوْضِعِ  
الرَّأْسِ وَالْأَطْرَافِ . ارْفَعْ الْكَرْبُونَ وَارْسُمْ الْأَطْرَافَ بِأَوْضَاعٍ مُخْتَلِفَةٍ  
مُتَدَرِّجَةٍ التَّغْيِيرِ . عِنْدَ تَقْلِيلِ الْأَوْرَاقِ بِسُرْعَةٍ سَيَبْدُو لَكَ الْجِسْمُ وَكَأَنَّهُ  
يَتَحَرَّكُ .

وَالصُّورُ الْمُتَحَرِّكَةُ الَّتِي تَرَاهَا عَلَى الشَّاشَةِ (مِثْلُ مِيكِي مَاؤُسْ أَوْ دُونَالْدِ  
دَاك) مَا هِيَ فِي الْحَقِيقَةِ إِلَّا عَشْرَاتُ الصُّورِ الْمُتَلَاخِقَةِ الْمُتَدَرِّجَةِ . بِحَيْثُ  
تَخْتَلِفُ وَاحِدَتُهَا قَلِيلًا عَنْ سَابِقَتِهَا . وَعِنْدَمَا تُعْرَضُ هَذِهِ الصُّورُ بِسُرْعَةٍ  
حَوَالِي عِشْرِينَ صُورَةً فِي الثَّانِيَةِ تَبْدُو لَنَا وَكَأَنَّهَا تَتَحَرَّكُ فِعْلًا .





يَرْقَانَةُ خَنْفَسَاءِ الدَّرْدَارِ

## الحياة بلا ضوء

عَرَفْنَا أَنَّ ضَوْءَ الشَّمْسِ وَحَرَارَتَهَا ضَرُورِيَّانِ لِلْحَيَاةِ عَلَى الْأَرْضِ وَأَنَّ الْحَيَاةَ تَزُولُ بِزَوَالِ الشَّمْسِ. لَكِنَّ بَعْضَ النَّبَاتَاتِ وَالْحَيَوَانَاتِ تَعِيشُ فِي مَنَآئِ عَنِ نَوْرِ الشَّمْسِ أَوْ حَتَّى فِي ظُلْمَةٍ دَامِسَةٍ.

تُرَكِّبُ النَّبَاتَاتُ الْخَضِرَاءُ غِذَاءَهَا بِمُسَاعَدَةِ الْيَخْضُورِ (الكلوروفيل) مِنَ الْمَوَادِّ الْأَوَّلِيَّةِ، أَمَّا الْعَدِيمَةُ الْيَخْضُورِ كَالْفُطْرِ وَالْبَكْتِيرِيَا فَتَعْتَمِدُ فِي غِذَائِهَا عَلَى سِوَاهَا مِنَ النَّبْتِ أَوْ عَلَى بَقَايَا الْحَيَوَانَاتِ. وَالْعَفْنُ الَّذِي يُصِيبُ الزُّرُوعَ أَوْ يَنْمُو عَلَى الْأَطْعِمَةِ الْمَتْرُوكَةِ هُوَ نَوْعٌ دَقِيقٌ مِنَ الْفُطْرِ. وَلَبَيَانُ أَنَّ هَذِهِ النَّبَاتَاتِ قَادِرَةٌ عَلَى الْعِيشِ بِلَا ضَوْءٍ ضَعَّ حَبَّةَ طَاطِمٍ مَهْرُوسَةٍ فِي كَيْسٍ وَأَخْفَاهَا دَاخِلَ عُلْبَةٍ بِضَعَةِ أَيَّامٍ. وَسَرَّاهَا عِنْدَ الْكَشْفِ مُغْطَاةٌ طَوْرَ الْمِجْهَرِيَّةِ.



## خُلْدٌ (طوبين)

وَالْحَيَوَانَاتُ الَّتِي تَعِيشُ تَحْتَ  
سَطْحِ الْأَرْضِ تَكُونُ غَالِبًا فِي غِنَى  
عَنْ ضَوْءِ الشَّمْسِ. وَالكَثِيرُ مِنْهَا  
أَعْمَى كَالْخُرْطُونِ (دودة الأرض)  
أَوْ كَلِيلُ الْبَصَرِ كَالْخُلْدِ وَالْغُرَيْرِ.  
وَبَعْضُ الْحَيَوَانَاتِ لَا عَيْنَ لَهَا  
كَالْحَرِيشِ وَأُمٌّ أَرْبَعٍ وَأَرْبَعِينَ  
وَعَيْرِ الْقَبَّانِ، لَكِنَّهَا إِذَا مَا كُشِفَتْ  
لِلنُّورِ تَنْطَلِقُ مُسْرِعَةً إِلَى مَكَانٍ  
مُظْلِمٍ. وَالْعَلَقُ وَدِيدَانُ الْمَاءِ هِيَ  
أَيْضًا عَدِيمَةُ الْإِبْصَارِ وَكَذَلِكَ  
الْمَحَارُ وَبَلَحُ الْبَحْرِ.



## عَيْرِ قَبَّانٍ





## أَشِعَّةُ اللَّيْزِرِ

الضَّوُّ ذو طاقةٍ خارقةٍ . فَأَنْتَ عِنْدَمَا تُدِيرُ مِفْتَاحَ النُّورِ يَتَشَرُّ الضَّوُّ  
مِنْ بَصَلَةِ الْمِصْبَاحِ وَيَتَفَرَّقُ طَاقَةٌ تُنِيرُ أَرْجَاءَ الْغُرْفَةِ ، أَمَّا شُعَاعُ اللَّيْزِرِ  
الْمُسَدَّدُ بِاتِّجَاهِ مُحَدَّدٍ فَإِنَّ طاقَتَهُ مِنَ الشَّدَّةِ بِحَيْثُ تَخْتَرِقُ صَفِيحَةَ  
فولاذِيَّةٍ سُمْكُهَا ٣ سَنْتِمِترَاتٍ !

أداة قطع بأشعة الليزر



وَشُعَاعُ اللَّيْزِرِ دَقِيقٌ جِدًّا ، وَيُسْتَخْدَمُ الْجِهَازُ فِي الصَّنَاعَةِ لِصَهْرِ وَلِحَامِ  
أَجْزَاءِ الآلِيَّاتِ الدَّقِيقَةِ . كَمَا تُسْتَخْدَمُ أَشِعَّةُ اللَّيْزِرِ فِي الْجِرَاحَةِ الدَّقِيقَةِ



لِحَرِّقِ الْخَلَايا الْمَرِيضَةَ دُونَ إِتْلَافِ الْأَنْسِجَةِ الْمُحِيطَةِ بِهَا . وَقَدْ دَخَلَ اللَّيْزِرُ  
 أَبْحَاثَ الْفَضَاءِ . فِي عَامِ ١٩٦٢ وَجَّهَتْ حُزْمَةٌ مِنْ أَشِعَّةِ اللَّيْزِرِ إِلَى الْقَمَرِ  
 وَكَانَتْ مِنَ السُّطُوعِ بِحَيْثُ شَاهَدَ الْعُلَمَاءُ انْعِكَاسَهَا بَعْدَ حَوَالِي ثَانِيَتَيْنِ . وَقَدْ  
 فَتَحَتْ هَذِهِ التَّجَرِبَةُ آفَاقًا لِإِمْكَانِيَّةِ الْإِتِّصَالِ بِالْكَوَاكِبِ الْأُخْرَى أَوْ  
 بِالسُّفُنِ الْفَضَائِيَّةِ الْمَأْهُولَةِ . وَبِالْفِعْلِ أَطْلَقَ الْعُلَمَاءُ الْفَرَنْسِيُّونَ عَامَ ١٩٦٧  
 تَابِعِينَ فَلَكَيْنِ مُزَوَّدَيْنِ بِعَاكِسَاتِ اللَّيْزِرِ ، فَكَانَتْ أَشِعَّةُ اللَّيْزِرِ تُتَابَعُهُمَا  
 بِسُهُولَةٍ مِنْ مَحْطَّاتِ الْمُرَاقَبَةِ الْأَرْضِيَّةِ فِي فَرَنْسَا . وَمَنْ يَدْرِي فَلَعَلَّ هَذِهِ  
 الْأَجْهَازَةُ تَكُونُ مُسْتَقْبَلًا وَسِيلَتَنَا لِلِإِتِّصَالِ بِعَوَالِمٍ أُخْرَى مَأْهُولَةٍ فِي الْأَفْلَاقِ  
 الْبَعِيدَةِ !



أَلْيَافٌ بَصْرِيَّةٌ تَسْتَخْدِمُ الضَّوْءَ بَدَلَ الْكَهْرَبَاءِ فِي نَقْلِ الْمُكَالِمَاتِ التِّلْفُونِيَّةِ . الْمَصْدَرُ  
 الطَّاقِيُّ هُوَ شُعَاعُ لَيْزِرٍ مِنْ قُدْرَةِ ٥٠٠ هـ .



## الطَّاقَةُ الشَّمْسِيَّةُ

الشَّمْسُ هِيَ مَصْدَرُنَا الْمَضْمُونُ لِلطَّاقَةِ . وَقَدْ أَخَذَ الْعُلَمَاءُ يُفَكِّرُونَ جَدِيدًا الْيَوْمَ ، بَعْدَ ارْتِفَاعِ أَسْعَارِ الْوَقُودِ وَشَحِّ مَصَادِرِهِ الْمُتَزَايِدِ ، بِتَخْزِينِ طَاقَةِ الشَّمْسِ وَاسْتِخْدَامِهَا .

وَالْخَلَايا الشَّمْسِيَّةُ هِيَ اخْتِرَاعٌ حَدِيثٌ يُحَوِّلُ طَاقَةَ الشَّمْسِ مُبَاشَرَةً إِلَى كَهْرَبَاءٍ . وَتُسْتَخْدَمُ هَذِهِ الْخَلَايا فِي كَثِيرٍ مِنَ التَّوَابِعِ الْفَلَكِيَّةِ الدَّائِرَةِ حَوْلَ الْأَرْضِ لِأَغْرَاضٍ عِلْمِيَّةٍ - لَكِنَّ ارْتِفَاعَ كُلْفَتِهَا يَحُولُ دُونَ اسْتِخْدَامِهَا كَمَصْدَرٍ طَاقَةٍ فِي الْبَيْتِ .

وَمِنَ الْإِنْجَازَاتِ الْحَدِيثَةِ فِي مَجَالِ تَسْخِيرِ الطَّاقَةِ الشَّمْسِيَّةِ الْمُجَمِّعُ الشَّمْسِيُّ الْبُورِيُّ . وَقَدْ صُنِعَ مِنْهُ نَمُودَجٌ فَرَنْسِيٌّ ضَخْمٌ يَعْمَلُ كَقُرْنٍ شَمْسِيٍّ ، وَتَبْلُغُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ فِي بُورَتِهِ ٣٣٠٠ مِئْوِيَّةً . وَفِي هَذَا الْقُرْنِ تَذُوبُ صَفِيحَةٍ فُولَادِيَّةٍ سُمْكُهَا سِتِّيمِترٌ فِي أَقَلِّ مِنْ دَقِيقَةٍ .

أَشِعَّةُ الشَّمْسِ      مُجَمِّعُ شَمْسِيٌّ بُورِيٌّ

مِرَاةٌ مُكَافِئَةٌ لِمَقْطَعِ نُجْمٍ  
أَشِعَّةُ الشَّمْسِ فِي الْبُورَةِ

قُرْنٌ شَمْسِيٌّ

مِرَايا مُوَطَّرَةٌ تَعْكِسُ أَشِعَّةَ الشَّمْسِ



أَمَّا الْمُجْمَعُ الشَّمْسِيُّ الْمُسَطَّحُ الصَّفَائِحُ فَيُستَخدَمُ لِلتَّدْفِئَةِ الْمَنْزِلِيَّةِ ،  
وَتَتَأَلَّفُ صَفَائِحُهُ مِنْ أُنَايِبٍ مَعْدِنِيَّةٍ رَفِيعَةٍ تَحْمِلُ الْمَاءَ أَوْ الْهَوَاءَ وَتَتَّصِلُ  
بِشَبَكَةِ أُنَايِبِ التَّدْفِئَةِ فِي الْمَنْزِلِ . يُرَكَّبُ الْمُجْمَعُ عَلَى سَقْفِ الْمَنْزِلِ فِي  
الْأَتَّجَاهِ الْأَمْتَلِ لِتَلَقِّي أَشْعَةِ الشَّمْسِ . وَيَقُومُ الْمَاءُ (أَوْ الْهَوَاءُ) فِي الْأُنَايِبِ  
بِحَمْلِ الْحَرَارَةِ إِلَى سَائِرِ أَرْجَاءِ الْمَنْزِلِ . وَيُضَافُ إِلَى مَاءِ الْأُنَايِبِ مَحْلُولٌ  
مُقَاوِمٌ لِلتَّجْمُدِ لِمَنْعِ انْفِجَارِ الْأُنَايِبِ فِي اللَّيَالِي الْقَارِسَةِ الْبَرْدِ .

وَإِذَا مَا تَحَقَّقَتْ تَوَقُّعَاتُ الْعُلَمَاءِ مِنْ نِظَامِ التَّدْفِئَةِ هَذَا فَإِنَّ الطَّاقَةَ  
الشَّمْسِيَّةَ سَتُسَاعِدُ الْبَشَرَ فِي تَجَاوُزِ أَزْمَةِ الطَّاقَةِ الَّتِي تُهَدِّدُ الْأُمَمَ الصَّنَاعِيَّةَ .

مُجْمَعُ شَمْسِيٌّ مُسَطَّحُ الصَّفَائِحِ





باطن الغلاف	السَّمَكَةُ فِي الطَّاسِ
مُقابِلُ باطن الغلاف	الكَنَارِيُّ فِي الْقَفْصِ
٤	الضَّوُّ
٦	مِنْ أَيْنَ يَأْتِي الضَّوُّ
٨	فَاعِلِيَّةُ الضَّوِّ
١٠	البَصَرُ
١٢	نَمُودَجُ بَيْنِ عَمَلِ الْعَيْنِ
١٣	الْعُيُونُ (فِي الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ)
١٤	الشَّفَافِيَّةُ لِلضَّوِّ
١٦	الظَّلَالُ
١٧	الظِّلُّ وَشِبْهُ الظِّلِّ
١٨	الخُسُوفُ وَالْكُسُوفُ
٢٠	الْمِنْظَارُ ذُو الثَّقَبِ
٢٢	الْكَامِيرَا ذَاتُ الثَّقَبِ
٢٤	إِنْكَسَارُ الضَّوِّ
٢٦	الْعَدَسَاتُ
٢٧	الْعَدَسَةُ الْحَارِقَةُ
٢٨	عَدَسَةُ التَّكْبِيرِ
٣٠	النِّظَارَاتُ
٣٢	قَوْسُ الْقَرْحِ



٣٤	الْوَانُ الطَّيْفِ
٣٦	مَزْجُ الْأَلْوَانِ
٣٨	الْمَرَايَا
٣٩	الْمِثْقَالُ
٤٠	الْمَرَايَا مَائِلَةٌ وَمَقْوَسَةٌ
٤٢	الْمِرْقَبُ وَكَيْفَ تَصْنَعُهُ
٤٤	خِدَاعُ الْبَصَرِ
٤٦	الْحَيَاةُ بِلَا ضَوْءٍ
٤٨	أَشِعَّةُ اللَّيْزَرِ
٥٠	الطَّاقَةُ الشَّمْسِيَّةُ



## سلسلة «العلوم للناس»

١ - المخطوطات والكهف

٢ - الحركات الفلكية

٣ - علم الضوء

٤ - الكابوكا الميرة

٥ - الكمية الميرة

Bibliotheca Alexandrina



0294855

في سلسلة كُتُبِ المُطالعة الآن أكثر من  
٣٠٠ كتاب تتناول ألواناً من الموضوعات  
تناسب مختلف الأعمار. اطلب البيان  
الخاص بها من :

مكتبة لبنان - ساحة رياض الصلح -

بيروت